СТЕРЕОФОНИЯ

В РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ ПРАКТИКЕ

Х. ЯКУБАШК



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 580

Х. ЯКУБАШК

СТЕРЕОФОНИЯ В РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ ПРАКТИКЕ

Перевод с немецкого
А. С. ПАНАФИДИНА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.84.087
Я49

Излагаются физические принципы стереофонии, практические вопросы стереофонической записи и воспроизведения звука, рассматриваются схемы высококачественных стереофонических усилителей, магнитофона, микшерного устройства для получения псевдостереофонических эффектов и даются рекомендации по настройке стереофонической установки.

Брошюра рассчитана на подготовленных радиолюбителей.

H. Jakubaschk. **Stereofonie für den Amateur**, Deutscher Militärverlag, 1963

Х. Якубашк. **Стереофония в радиолюбительской практике** (перевод с немецкого), М.—Л., издательство „Энергия", 1965.
56 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 580).
Сводный тематический план 1965 г., „Радиоэлектроника и связь", № 205

Редактор *М. Д. Ганзбург* Техн. редактор *Н. А. Бульдяев*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 21/IV 1965 г. Подписано к печати 25/VI 1965 г.
Бумага 84×108 1/32 Печ. л. 2,94 Уч.-изд. л. 3,66
Тираж 37 000 экз. Цена 18 коп. Зак. 286

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати.
Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

«Стереофония» — это модное слово в последнее время стало широко известно. По-видимому, всем понятно, что имеют в виду, когда говорят о стереофоническом воспроизведении музыки. Дискуссии о художественной ценности стереофонии выходят за рамки настоящей брошюры. Однако стереофония — это не только техническое средство для любителей музыки и грамзаписи: стереофоническая запись и воспроизведение звука представляют собой подлинный прогресс в электроакустике. Перед любителем, интересующимся электроакустикой, низкочастотной техникой и особенно магнитной записью звука, открывается широкое поле для экспериментирования. Поэтому круг вопросов, рассматриваемых в этой брошюре, не ограничивается проблемами только воспроизведения стереофонических грампластинок. Опытный любитель магнитной записи звука найдет здесь обзор общих технических проблем и рекомендаций по осуществлению записи звука и конструированию аппаратуры.

Стереофония представляет собой один из разделов электроакустики, от которого еще можно ждать многого как в области фундаментальных исследований, так и в области применения. Поэтому данная брошюра не может и не должна рассматриваться как нечто догматическое. С другой стороны, область стереофонии настолько обширна, что нельзя ожидать полного охвата всех связанных с ней проблем. Основное внимание будет уделено вопросам, существенным в любительской практике, а теории — лишь постольку, поскольку она необходима для понимания.

Стереофоническое воспроизведение звука в значительной степени зависит от субъективного восприятия слушателя, и, следовательно, нет ничего удивительного в том, что исследования в области стереофонии ведут не только специалисты по акустике, но также физиологи и психологи. На практике это субъективное суждение проявляется в том, что между теоретическим расчетом и практическим результатом — слуховым восприятием — часто возникают противо-

речия, выясненные далеко не полностью. В этих случаях мы будем придерживаться исключительно практического опыта, ибо эта брошюра ни в коей мере не заменяет учебника. В ней читатель найдет, помимо общих сведений о стереофонической технике, итог экспериментов автора. Кроме того, любитель впервые сможет познакомиться с рядом как бы второстепенных устройств, например со стереофоническим трюковым микшерным устройством и другой аналогичной аппаратурой, представляющей для него практический интерес.

Для понимания изложенного здесь материала потребуются элементарные знания смежных областей, т. е. низкочастотной техники и электроакустики. Для любителя, впервые приступающего к работе с магнитофоном, было бы, например, неправильно сразу начинать со стереофонической магнитной записи звука. С другой стороны, автор не может в рамках данной брошюры разбирать эти общие положения. По этой причине читателю следует предварительно познакомиться с литературой по монофонической электроакустике, с принципами построения усилителей и техникой магнитной записи звука.

Х. Якубашк

Бранденбург, 1963 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

Предлагаемая вниманию читателя книга немецкого инженера Х. Якубашка в популярной форме рассказывает о принципах стереофонического воспроизведения звука и происходящих при этом физических процессах. В ней приводятся описания различных самодельных конструкций, с помощью которых можно не только записывать и воспроизводить различные стереофонические программы, но и создавать всевозможные эффекты.

При подготовке перевода к печати из текста был выпущен раздел о технике стереофонического радиовещания и ссылки автора на детали, которые у нас не распространены. Кроме того, на схемах изменены номиналы конденсаторов и сопротивлений согласно принятым у нас шкалам.

Учитывая, что стереофония только входит в практику радиолюбителей, можно надеяться, что предлагаемая книга будет принята с интересом.

М. Ганзбург

2—286

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ СТЕРЕОФОНИИ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Известно, что, услышав звук, можно определить, где находится его источник. Даже с закрытыми глазами можно, например, по слуху определить, что в оркестре группа смычковых инструментов располагается справа, а рояль и ударные — слева. Однако при монофонической звукопередаче (например, по радио) такое определение невозможно. Стереофоническая звукопередача дает возможность локализовать направление на источник звука и воспроизвести «звуковую картину», возможно близкую к той, которая создается в месте расположения источника звука.

Благодаря слушанию двумя ушами человек способен различать направление источника звука. Это на первый взгляд простое утверждение таит в себе, как показали детальные исследования, коварные сюрпризы.

Для того чтобы уяснить себе принцип стереофонической передачи звука, рассмотрим рис. 1. Предположим, что имеется только микрофон *4,* усилитель *6* и громкоговоритель *8.* В этом случае мы имеем дело с обычной звукопередачей, с одним низкочастотным каналом *А*. Между студией, где расположены микрофон *4* и источники звука *1*, *2* и *3*, и помещением, где находится слушатель *10,* может быть проложен кабель (техническое выполнение канала передачи сейчас не имеет для нас значения).

Как видно из рисунка, источник звука *3* (например, диктор) находится на большем удалении от микрофона, чем источник звука *1*, и, следовательно, при воспроизведении он будет слышен слабее, нежели первый источник звука. Поэтому слушатель *10* может заключить, что источник *3* отстоит от микрофона *4* дальше, чем источник *1*. Однако слушатель не в состоянии определить место, где он находится. Для того чтобы получить эффект локализации источника звука, придется в той же студии установить в нескольких метрах от микрофона *4* еще один микрофон *5*, который связан с помещением, где осуществляется воспроизведение, вторым трактом передачи, обособленным от канала *А*, т. е. каналом *В* с собственным усилителем *7* и громкоговорителем *9*. Громкоговоритель *9* установлен на некотором расстоянии от громкоговорителя *8*.

Диктор *1* стоит ближе к микрофону *4*, и, следовательно, он будет слышен в громкоговорителе *8* громче. Поэтому звук будет казаться исходящим главным образом из громкоговорителя *8*. Для диктора *3* получится обратная картина: его текст будет громче воспроизводиться громкоговорителем *9*. Теперь слушателю *10* нетрудно определить, находится ли диктор в точке *1* или *3*. Если же он стоит в точке *2*, посередине, на равном расстоянии от обоих микрофонов, то его голос будет с одинаковой громкостью звучать из обоих громкоговорителей. При перемещении диктора от точки *1* к точке *3* слушатель *10* сможет хорошо локализовать направление, в котором

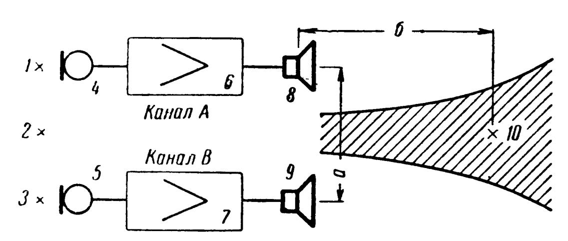


Рис. 1. Принцип стереофонической передачи звука.
1, 2, 3 — источники звука; *4, 5* — микрофоны; *6, 7* — усилители; *8, 9* — громкоговорители; *10* — слушатель.

движется диктор, так как звуковое поле в помещении для прослушивания также будет смещаться. В этом, собственно, и заключается принцип стереофонической передачи звука.

Следует отметить, что это объяснение сильно упрощено, теория этого явления много сложнее. Известны различные системы стереофонической передачи звука. Наряду с классической двухканальной стереофонией (так называемая система *AB*) — принцип ее был показан на рис. 1 — существуют другие системы: *XY* и *MS*, которые мы не рассматриваем, так как они пока что не используются в радиолюбительской практике. Исследования в этой области еще не закончены. Однако всем этим способам присуща одна общая черта: для передачи информации требуются два совершенно раздельных канала, а принцип воспроизведения во всех этих системах — по крайней мере в любительских условиях — одинаков.

Совершенно ясно, что осуществление стереофонической передачи связано с усложнением как передающей, так и приемной аппаратуры. Очевидно, что каждому микрофону должен соответствовать свой громкоговоритель, т. е. правый по (отношению к слушателю *10*) громкоговоритель *8* работает в канале *A* от микрофона *4* и усилителя *6*.

Теперь несколько слов об эффекте слуховой локации источника звука. Предупредим сразу, что в настоящее время наука еще не дала однозначного объяснения этого явления. В самом деле, на слуховое восприятие человека воздействует много факторов и согласно последним данным основное значение в нем заключается в инстинктивной оценке воспринимаемого звукового образа путем его сравнения с другими звуковыми ощущениями, имевшимися ранее. Собственно именно этим и объясняется то, что стереофонический

эффект наблюдается даже в том случае, когда теоретически он не должен проявляться вследствие плохой акустики помещения, низкого качества аппаратуры и т. п. Последнее обстоятельство (на нем подробнее мы остановимся дальше) должно было бы иметь большее значение, ибо к качеству стереофонической аппаратуры согласно теории предъявляются весьма жесткие требования. Поэтому многие технические вопросы стереофонической передачи звука решаются экспериментальным путем.

Процесс восприятия звука человеком также еще неясен. По современным представлениям какой-либо аналогии между механизмом уха и, например, микрофоном провести нельзя. В качестве единственной причины, объясняющей способность различать направление источника звука, часто считают разницу во времени прихода звуковой волны к ушам. Основная концепция состоит в том, что звуковое колебание, идущее спереди, одновременно достигает обоих ушей, в то время как такое же колебание, поступающее сбоку, будет воспринято одним ухом несколько раньше, чем другим. Вследствие этого между колебаниями барабанных перепонок образуется фазовый сдвиг, по которому якобы ухо и «пеленгует» источник звука. Это явление хотя и наблюдается на более высоких звуковых частотах, но оно не дает объяснения эффекта локации. Справедливость такого утверждения нетрудно доказать.

Допустим, что скорость распространения звука в воздухе округленно равна 300 *м/сек*. Это значит, что длина волны звукового сигнала частотой 1 *кгц* равняется 30 *см*, а частотой 3 *кгц* — около 10 *см*. Звуковой сигнал частотой 3 *кгц*, идущий точно спереди, одновременно достигает обоих ушей. При поступлении сигнала сбоку одно ухо будет расположено на несколько сантиметров ближе к источнику звука, чем другое. Приняв расстояние между ушами равным 20 *см*, можно найти азимут, при котором разница в пути, проходимом звуком, будет снова равна точно 10 *см*, т. е. тем самым будет составлять полное колебание, а это значит, что звук дойдет до обоих ушей в одной фазе и, следовательно, согласно этой теории будет восприниматься исходящим спереди, хотя на самом деле это не так.

Аргумент, что ухо «судит» о направлении звука по началу колебания, опровергается тем, что ухо прекрасно локализует продолжительный сигнал, который медленно нарастает, проходя через порог слышимости, т. е. в нем нельзя различить «первого» колебания.

Попытка объяснить это явление разницей в интенсивности также отпадает, так как очень мало людей одинаково хорошо слышат обоими ушами.

В большинстве случаев уши обладают различной чувствительностью и способностью воспринимать «граничные частоты» (самые высокие слышимые колебания). На частотах выше 3 *кгц* можно найти несколько азимутов, при которых получается синфазность колебаний для обоих ушей. На очень низких частотах (ниже 300 *гц*) фазовый сдвиг столь незначителен (большая длина волны), что им можно пренебречь. Это часто приводят в доказательство того, что на частотах ниже 300 *гц* локационные свойства слуха якобы не проявляются (легко проверить, что это не так: вспомните только о далеких раскатах грома) и что для этих частот надобность в стереофоническом воспроизведении отпадает. Поэтому раньше в сте-

реофонической воспроизводящей аппаратуре низкие частоты излучались через средний громкоговоритель, общий для обоих каналов. С технической точки зрения такое решение не оправдано.

Действительно, на более высоких частотах временные сдвиги имеют немаловажное значение в определении направления звука, однако они не служат единственным фактором. Сюда же относится так называемый «маскирующий» эффект головы и многочисленные другие вторичные эффекты, еще окончательно не выясненные. Одно совершенно ясно: механизмы слуховой локации на низких и высоких частотах различны, и эту проблему надо рассматривать не как акустическую, а как связанную с физиологией уха и психологией слушателя.

Для любителя эти явления не имеют большого значения, и они были упомянуты лишь по той причине, что именно в этой части существуют неправильные представления, которые легко могут привести на практике к ложным заключениям при применении и техническом оформлении стереофонической аппаратуры.

Ради любопытства рассмотрим суть эксперимента, поставленного фирмой «Филипс» (Голландия) в 1955 г. В зале с очень хорошей акустикой перед 300 слушателей, отделенных от сцены тонким занавесом, одинаковые музыкальные отрывки исполнялись то музыкантами, то воспроизводились с магнитофона через стереофоническую установку. Перед испытуемыми лицами была поставлена задача определить, когда играли скрытые за занавесом музыканты и когда воспроизводилась запись. Вероятность правильного ответа была равна 0,5. Это значит, что не представлялось возможным отличить оркестр от записи. Был проведен еще один опыт. В присутствии слушателей играл инструментальный квартет, причем каждый раз в одном из неизвестных публике мест один из музыкантов лишь делал вид, что играет, тогда как на самом деле игра его инструмента воспроизводилась в магнитной записи. Требовалось определить, какой инструмент воспроизводился магнитофоном. Из присутствовавших 130 человек лишь трое во всех случаях дали правильный ответ: например, при исполнении партии контрабаса 61 человек принял игру на инструменте за запись, а 89 посчитали запись оригинальным исполнением, и лишь 18 человек дали правильный ответ. Аналогичная картина наблюдалась и при игре на других инструментах: 27 человек приняли игру на рояле за запись, а 47— запись за исполнение на инструменте и т. д., причем нельзя было отметить разницы в суждении между техниками и лицами, не имеющими с техникой дела. Интересно, что в этом опыте магнитная запись воспроизводилась через обычную монофоническую установку.

Вернемся еще раз к рис. 1. Отбросив теоретические рассуждения, можно сделать некоторые важные выводы. Прежде всего очевидно, что слушатель *10* не может находиться в любой точке помещения. Если бы он, например, сидел близко к громкоговорителю *8*, то он громко слышал бы исходящие из него звуки даже тогда, когда диктор стоял в точке *2*, и, следовательно, оба громкоговорителя излучали с одинаковой громкостью. В результате у слушателя создался бы неправильный звуковой образ. Точно так же неправильное впечатление могло создаться у слушателя, если бы он, находясь посередине между громкоговорителями, сидел очень близко к ним (тогда получился бы «провал» в середине) или, наоборот, слишком далеко (громкоговорители находились бы тогда по отношению к

слушателю под слишком малым углом, в результате чего пропало бы восприятие звука с боков).

Итак, существует определенная зона, находясь в которой слушатель воспринимает оптимальную звуковую картину. Эта зона стереофонического восприятия звучания заштрихована на рисунке. В пределах этой зоны слушатель должен находиться на определенном расстоянии от громкоговорителей. Здесь мы знакомимся с некоторыми важными терминами стереофонической техники: расстояние между обоими громкоговорителями (или микрофонами) называется базой. «Ширина» базы на приемном конце тракта не обязательно должна быть равной «ширине» базы в пункте передачи. Слушателю лучше всего располагаться на средней линии между громкоговорителями, причем его расстояние от громкоговорителей (*б*) должно равняться расстоянию базы (*а*). Это основное правило следует неукоснительно соблюдать при стереофоническом воспроизведении в домашних условиях. Так как мы сейчас объясняем термины, то назовем еще один: способ передачи, изображенный на рис. 1, с двумя разнесенными микрофонами получил название «системы *АВ*» (соответственно каналам *А* и *В*). Этого обозначения каналов мы будем придерживаться и в дальнейшем.

Нормальная одноканальная передача в отличие от двухканальной (или стереофонической) называется монофонической передачей.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДВУХКАНАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Из изложенного материала о принципах стереофонической передачи и слуховой локации звука вытекает, что к качеству обоих каналов предъявляются очень жесткие требования. Все они сводятся к одному основному требованию. Оба канала от микрофона до громкоговорителя должны характеризоваться абсолютно одинаковыми электрическими параметрами. Оба канала должны иметь одинаковое усиление (при меньшем усилении в канале *А* громкоговоритель *8* будет слышен слабее, что повлечет за собой кажущееся перемещение источника звука в направлении к громкоговорителю *9*), одинаковую частотную и фазовую характеристики, так как даже незначительная разница в фазе колебаний обоих каналов приведет к тому, что, например, звуковая волна от источника *2* (рис. 1), которая дойдет до обоих микрофонов в одной фазе, не будет синфазно излучаться громкоговорителями *8* и *9*. Это может также повлиять на суждение о направлении звука, так как фазовая характеристика звукового колебания, воспринимаемого ухом, обусловливает акустическую «пеленгацию». Поэтому низкочастотные стереофонические установки отличаются большими габаритами, строго симметричным построением обоих каналов и некоторыми особенностями схемных решений. Это прежде всего касается схем регулирования тембра и цепей частотно-зависимых отрицательных обратных связей. Последние надо применять в стереофонических усилителях с большой осторожностью, так как они вносят трудно исправимые фазовые искажения.

В схемах регуляторов тембра необходимо учитывать, что любое изменение частотной характеристики одновременно означает и изменение фазовой характеристики, вследствие чего регулировать тембр в обоих каналах необходимо согласованно. В правильно собранных

стереофонических установках не должны применяться усилители различной конструкции или собранные из разных деталей. Следовательно, нельзя составить стереофонический усилитель, взяв имеющийся обычный УНЧ и добавив к нему еще какой-либо второй усилитель. При этом можно пользоваться только одинаковыми микрофонами, одинаковыми громкоговорителями в одинаковых футлярах и т. п.

Рассмотрим несколько подробнее расположение микрофонов в помещении. На рис. 2,*а* показано такое же расположение микрофонов, какое было на рис. 1: два однотипных разнесенных микрофона, расстояние между которыми (база) в зависимости от вида источника звука и расстояния до него может составлять от 0,5 до 6 *м*. При большем расстоянии вместо стереоэффекта может возникнуть эффект эха. Выходы микрофонов *2* и *3* образуют каналы *А* и *В*. Здесь могут применяться микрофоны с двумя характеристиками направленности: ненаправленные (круговые) или однонаправленные (кардиоидные). В случае применения однонаправленных микрофонов их фронты (направление максимальной чувствительности) направлены прямо, как это показано стрелками. Если же оба микрофона направлены в одну точку «растянутого» источника звука, как это показано на рис. 2,*б*, то при воспроизведении значительно ухудшается звучание боковых источников, но улучшается воспроизведение «акустической» середины. Такое расположение применяют только в особых случаях.

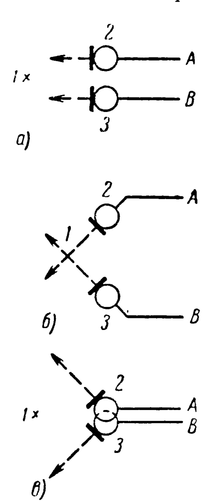


Рис. 2. Варианты расположения микрофонов.

1 — источник звука; *2* — микрофон канала *А*; *3* — микрофон канала *В*.

Интересную комбинацию можно составить из двух однонаправленных микрофонов. Их крепят друг над другом на штативе (иногда их даже объединяют в одном корпусе), смещая их оси на угол от 60 до 90° (рис. 2,*в*). Зона приема, в которой может перемещаться источник звука *1*, лежит в пределах этого угла. Если источник звука смещается в какую-либо сторону, то он попадает в зону действия микрофона *2* или *3*. Такая система по своему действию аналогична системе *АВ*, показанной на рис. 2,*а*, но требует всего лишь один микрофонный штатив, и устраняется риск искажения звуковой картины из-за отражений от стен при различных местах расположения микрофонов. Поэтому такое размещение микрофонов очень часто применяется в студиях.

В данном случае мы имеем дело с системой, называемой «стереофонией интенсивности». По своим электрическим характеристикам сигналы, подаваемые на входы обоих каналов, совершенно идентичны сигналам в системе *АВ*, и, следовательно, в тракте передачи никакой разницы нет. Поэтому на рис. 2,*в* выходы микрофонов снова обозначены буквами *А* и *В*, чтобы сохранить единые обозначения в брошюре. В студийной технике эти каналы в отличие от классической стереофонии принято обозначать буквами *X* и *Y*. Итак, система

XY, за исключением расположения микрофонов, по своим электрическим свойствам тождественна системе *AB*, но превосходит последнюю по акустическим характеристикам; сложность ее для любителя заключается в том, что для нее требуются микрофоны с достаточно хорошей характеристикой направленности. Однако студийная техника продолжает совершенствоваться. Учитывая, что в недалеком будущем будет освоено стереофоническое радиовещание (с технической точки зрения это уже осуществимо), возникнет необходимость получения полноценного монофонического сигнала из стереофонического, чтобы на обычный приемник можно было принимать стереофоническую передачу.

Очевидно, для этих целей недостаточно принимать тольно один из каналов (*A* или *B*), так как каждый из них в отдельности не воспроизводит полную «звуковую картину». Можно было бы просто включить параллельно оба канала и прослушивать передачу через общий громкоговоритель. Однако и в этом случае обычный приемник должен был бы сначала принимать оба канала. По техническим причинам было принято другое решение. Еще в студии напряжения обоих каналов то суммируются (это равносильно включению в параллель), то вычитаются. Тогда в одном случае мы получаем суммарный сигнал (это равносильно тому, если бы на рис. 2,*в* вместо стереофонической комбинации микрофонов стоял обычный ненаправленный микрофон), а в другом — разностный сигнал.

Суммарный сигнал обозначается буквой *M* от немецкого слова Mitte — середина, разностный сигнал — буквой *S* от слова Seite — сторона. Последний содержит в себе компоненты, характеризующие боковые и отраженные от стен волны, и сам по себе использоваться не может. Посредством электрической схемы происходит образование суммы $A+B=M$ и разности $A-B=S$, в результате чего получаются два канала *M* и *S*. В месте прослушивания на стереоприемник принимаются оба сигнала, а обычный приемник принимает и воспроизводит лишь сигнал *M*. В стереофоническом приемнике происходят суммирование и вычитание сигналов: $M+S=A$, $M-S=B$. Путем этого повторного преобразования снова выделяются первичные каналы *A* и *B* и подводятся к соответствующим громкоговорителям.

Этот, на первый взгляд несколько сложный способ, позволяет не только получить в одном из каналов полноценный монофонический сигнал (стереофоническая радиопередача будет приниматься как обычным, так и стереофоническим приемниками, т. е. эта система совместима), но и имеет еще некоторые преимущества, преобразуя канал *M* в чисто звуковой канал, а канал *S* — в канал, передающий «боковую» информацию.

Обычно в любительской практике преобразование системы *AB* в систему *MS* не оправдывает себя. Система *AB* применяется в стереофонических проигрывателях и магнитофонах, где для получения монофонического воспроизведения достаточно каналы *A* и *B* включить параллельно.

Еще один весьма распространенный способ, при котором электрическое преобразование сигналов происходит не на выходе микрофонов, а непосредственно в них самих, заключается в применении одного ненаправленного (кривая *1* на рис. 3,*а*) и одного двунаправленного (с характеристикой типа восьмерка) (кривая *2*) микрофонов. Чувствительность ненаправленного микрофона одинакова во

всех направлениях. Любое звуковое колебание, поступающее в этот микрофон, всегда характеризуется одинаковой фазой и интенсивностью независимо от направления его прихода. Иначе обстоит дело с двунаправленным микрофоном. Его ось перпендикулярна источнику звука, и поступающий от него сигнал попадает на точку нулевой чувствительности (рис. 3,*б*) и не воспринимается им. С этого микрофона снимается сигнал, несущий информацию о направлении (канал *S*), а с кругового — звуковой сигнал (канал *M*). Таким образом, когда звук исходит из точки *3*, низкочастотное напряжение появляется только в канале *M*. При отклонении звука в сторону на выходе второго микрофона появляется напряжение, величина которого зависит от угла, а полярность (по отношению к полярности напряжения, даваемого ненаправленным микрофоном) — от стороны, в которую перемещается источник звука. Следовательно, величина напряжения и его фаза (относительно фазы канала *M*) характеризуют уход источника звука в сторону.

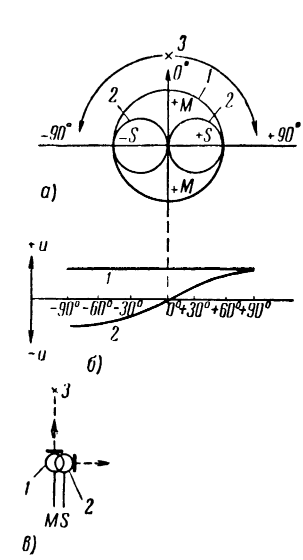


Рис. 3. Принцип акустического сложения информаций по системе *MS*.

а — характеристики направленности микрофонов; *б* — напряжения микрофонов при перемещении источника звука; *в* — расположение микрофонов; *1* — ненаправленный микрофон; *2* — двунаправленный микрофон; *3* — источник звука.

Полученные сигналы *M* и *S* по своим акустическим и электрическим параметрам полностью соответствуют сигналам, которые можно было бы получить при системе *XY* с двумя кардиоидными или (реже) восьмерочными микрофонами (рис. 3,*в*) после суммарно-разностного преобразования. При воспроизведении из полученных сигналов *M* и *S* путем упомянутого сложения $M+S$ и вычитания $M—S$ (что относительно нетрудно сделать) получают требуемые для воспроизведения каналы *A* и *B*.

На рис. 3,*б* для лучшей наглядности показаны кривые напряжения в обоих микрофонах в условиях перемещающегося источника звука. Предполагается, что расстояние от источника звука до микрофона и звуковой уровень остаются постоянными. Эта система, практикуемая в студийных условиях, носит название *MS* стереофонии и по своим акустическим данным идентична системе *XY*, но отличается от нее совместимостью, т. е. может применяться и для монофонических передач.

СТЕРЕОФОНИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ ЗВУКА НА ГРАМПЛАСТИНКЕ И МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ

Особенность стереофонической звукозаписи состоит в том, что требуется одновременно записать два раздельных сигнала (соответственно каналам *A* и *B*) так, чтобы они были жестко связаны

друг с другом. В целом такая техника записи мало отличается от монофонической. Принцип действия стереофонических и обычных магнитофонов или проигрывателей одинаков. Здесь не будет подробно рассматриваться запись на магнитную ленту. Следует лишь отметить, что нельзя записывать каждый канал на отдельном магнитофоне, так как для получения синфазности оба магнитофона должны были бы работать строго синхронно. Поэтому для стереофонической записи применяют двухдорожечную запись, подобную той, которая применяется в обычных магнитофонах для экономии ленты. На каждой дорожке записывают один канал. Для этого требуются специальные стереофонические магнитные головки, представляющие собой комбинацию из двух обычных головок для двухдорожечной записи, причем их зазоры расположены точно друг над другом. Внешне такая стереофоническая головка ничем не отличается от обычной, однако в ней размещены два сердечника с соответствующими обмотками. Их взаимное магнитное влияние должно быть минимально и не приводить к смешению каналов. В этом, собственно, и заключается трудность изготовления таких головок. Современные стереофонические головки позволяют производить запись, удовлетворяющую самым строгим требованиям.

В аппаратуре широкого применения стереофонические головки делают комбинированными (для записи и воспроизведения). В профессиональных устройствах эти функции выполняются раздельными головками. Стирающая головка ничем не отличается от обычной, так как запись обоих каналов стирают одновременно.

Подобно тому как из монофонической однодорожечной записи развилась двухдорожечная, так из стереофонической двухдорожечной записи появилась четырехдорожечная, где для одной записи используют дорожки *1* и *3*, а для другой — дорожки *2* и *4* (предварительно перевернув ленту). Запись на четырех дорожках, несмотря на высокую точность (ширина дорожки около 1 *мм*), не обеспечивает высокого качества. По этой причине она годится только для домашних условий.

С лентой со стереофонической записью обращаются точно так же, как с обычной: ее можно резать, монтировать и т. п. В стереомагнитофоне низкочастотный тракт более сложный: в нем применяют по два усилителя записи и воспроизведения. Высокочастотный генератор, блок питания и все механические узлы аналогичны этим же узлам в обычном монофоническом магнитофоне.

В любительской звукозаписи используют систему *АВ* (аналогично записи на стереофонической грампластинке). Для монофонического воспроизведения достаточно включить параллельно выходы каналов *А* и *В*. В этом случае благодаря одинаковому построению и однофазности обоих каналов происходит суммирование сигналов и практически получается сигнал *М*, вполне пригодный для монофонической передачи.

Положение дорожек на ленте, предназначенной для стереомагнитофонов, утверждено международным соглашением, и им надо руководствоваться при сборке самодельной аппаратуры. При обычной протяжке ленты слева направо звуковая дорожка левого канала (т. е. соединенного с левым громкоговорителем) находится (если смотреть на зазор головки) вверху.

Несколько сложнее обстоит дело с записью стереосигнала на грампластинке. Запись на двух раздельных канавках неприемлема

ни с технической, ни с экономической точек зрения. Однако есть возможность записать оба канала на одной канавке. Существуют два способа обычной монофонической записи: устаревший способ, так называемая глубинная запись, при котором игла совершает вертикальные движения, и распространенная в настоящее время поперечная запись, при которой игла отклоняется в горизонтальном направлении.

Эти два способа можно объединить при условии применения записывающих и воспроизводящих систем, позволяющих игле раздельно двигаться в обоих направлениях. Вертикальное движение иглы не сказывается на системе, реагирующей только на поперечные отклонения, и наоборот. Таким образом, один канал можно записать способом глубинной записи, другой — способом поперечной записи. В этом случае в головке звукоснимателя надо иметь две электромагнитных или пьезоэлектрических системы, одна из которых реагирует только на вертикальные, а другая — только на горизонтальные движения иглы. Тогда оба канала будут воспроизводиться раздельно.

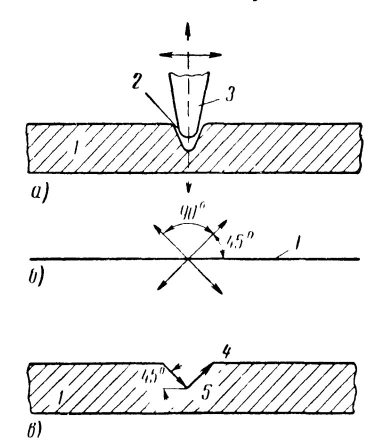


Рис. 4. Принцип стереофонической записи на грампластинке.

а — принцип глубинной записи; *б* — принцип стереофонической записи по системе *45/45*; *в* — расположение информаций каналов; *1* — пластинка; *2* — канавка; *3* — игла; *4* — информация левого канала; *5*—информация правого канала.

Практически поступают иначе. На рис. 4,*а* показаны канавка и острие иглы в разрезе. Канавка и игла имеют коническую конфигурацию, что усложняет разделение горизонтальных движений от вертикальных. Поэтому обе системы, смещенные одна относительно другой на 90°, поворачивают на 45°, как это показано на рис. 4,*б*. Тогда движение иглы, воспроизводящей запись одного канала, происходит справа сверху налево вниз (и наоборот), а для другого канала — слева сверху направо вниз (и наоборот). Таким образом, на каждой стенке канавки записывается один канал. Такой способ имеет ряд преимуществ. На рис. 4,*в* показано расположение каналов в канавке, принятое в соответствии с международным соглашением. Информация правого канала записывается на внешней стенке канавки, левого — на внутренней (обращенной к центру пластинки). На этом же рисунке указана фазировка. Оба выходных напряжения находятся в одной фазе, если игла подается вверх для левого канала и вниз — для правого (или наоборот). Такой порядок также неслучаен.

Всем известны так называемые вибрационные шумы пластинки, возникающие при проигрывании в результате неконтролируемых и неизбежных вертикальных движений иглы. Если бы один канал был записан способом глубинной записи, а другой — поперечной, то эти шумы прослушивались бы полностью только в одном канале, что

отрицательно сказывалось бы на качестве воспроизведения. Путем смещения плоскостей записи на 45° достигается равномерное распределение этих шумов в обоих каналах, шумы «распространяются» на всю ширину базы и тем самым устраняется их локализация. Совпадение по фазе, показанное на рис. 4,*в*, способствует тому, что эти шумы появляются в обоих каналах в противофазе, что еще более снижает их слуховое восприятие. При объединении обоих каналов на выходе, т. е. при монофоническом воспроизведении, они почти совсем исчезают. По аналогии с рассмотренной системой *MS* оказывается, что при преобразовании сигнала *AB*, подаваемого со звукоснимателя, в полный сигнал *MS* вибрационные шумы были бы слышны не в канале *M*, а в канале *S*.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СТЕРЕОФОНИИ

ТЕХНИКА ЗАПИСИ ЗВУКА

Запись звука на ленту — одно из интереснейших занятий для радиолюбителя. В этом отношении стереофония открывает еще большие возможности для экспериментирования, чем одноканальная монофоническая звукозапись. Для этих целей необходим стереофонический магнитофон, сборка которого немногим сложнее, чем обычного. Можно также переделать монофонический магнитофон собственного изготовления в стереофонический.

Выбор микрофона для радиолюбительской звукозаписи представляет довольно сложный вопрос, тем более что подходящие стереофонические микрофоны стоят дорого и в данный момент их еще трудно приобрести. Типы микрофонов и их расстановка уже рассматривались выше.

Так как почти все микрофоны, имеющиеся в продаже и доступные по цене радиолюбителю, относятся к числу ненаправленных, то при выборе системы придется остановиться на системе *AB*, которая вполне пригодна для радиолюбительской практики. Необходимо лишь подчеркнуть, что для стереофонии требуются микрофоны самого высокого качества. Поэтому предпочтение надо отдать направленному микрофону с кардиоидной характеристикой, лучше всего конденсаторному или электродинамическому. Если они имеют достаточно четко выраженную характеристику направленности, то их можно использовать не только в системе *AB*, но и в системе *XY*. Важно, чтобы оба микрофона имели одинаковые характеристики. Дешевые микрофоны, например широко распространенные пьезоэлектрические, непригодны из-за сильного разброса параметров по чувствительности и (что еще хуже) по частотной характеристике.

Какие же типы микрофонов пригодны для стереофонической записи? Помимо конденсаторных микрофонов (среди них имеются микрофоны с переключением характеристик «круг» — «кардиоида»), можно пользоваться всеми типами электродинамических микрофонов, имеющих кардиоидную характеристику направленности. Правда, среди них также встречаются экземпляры с большим разбросом параметров, и подбирать их нужно опытным путем.

Стереофоническая запись в закрытых помещениях и на открытых пространствах требует соблюдения ряда правил и условий, усложняющих ее по сравнению с монофонической записью. Однако, как правило, с первого раза запись хорошо удается любителю, имеющему некоторый опыт монофонической записи, а накопленные им практические навыки окажутся весьма полезными и для стереофонической записи звука. Многочисленные практические советы и указания изложены автором в брошюре «Практика магнитной звукозаписи»[1]. Поэтому здесь будут рассматриваться вопросы, относящиеся только к стереофонической записи.

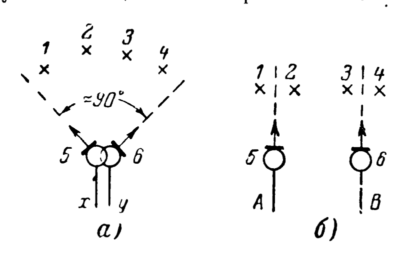


Рис. 5. Расположение микрофонов при стереофонической записи.

а — для однонаправленных микрофонов; *б* — для ненаправленных микрофонов; *1, 2, 3, 4* — источники звука; *5, 6* — микрофоны.

Прежде всего необходимо отметить, что явление реверберации, с которым приходилось бороться при монофонической записи, почти не оказывает влияния на стереофоническую запись, а иногда даже как бы оживляет ее. Точно так же при монофонической записи одновременной беседы нескольких лиц сильно страдала разборчивость речи, тогда как при стереофонической записи можно хорошо выделить оратора на фоне разговора других лиц. Это положительно сказывается на натуральности беседы и не требует режиссуры, как это принято в монофонической записи.

На рис. 5 показано наиболее типичное расположение микрофонов для стереофонической звукозаписи. Такое расположение позволяет получить натуральное и равномерное распределение звука между обоими громкоговорителями при воспроизведении. Для лучшего подчеркивания акустической середины (акустическая середина — самая трудная для воспроизведения часть кажущегося звукового поля, передача боковых эффектов не представляет проблемы) рекомендуется устанавливать микрофоны по схеме, приведенной на рис. 6. Любопытно, что при варианте расположения микрофонов, показанном на рис. 6,*б*, более сильное подчеркивание акустической середины получается, если источники звука расположены в точках *2* и *3*. Однако такое разнесение в системе *АВ* может вызвать обратное явление.

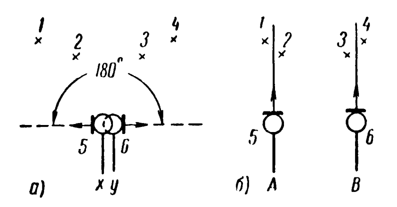
Размещением микрофонов, показанным на рис. 6,*в*, пользуются для усиления эффекта восприятия боковых источников звука, причем это выполнимо только при системе *АВ*, а характеристика направленности микрофонов — кардиоида или круг — не имеет значения. Такое размещение в зависимости от пространственного разделения групп источников звука и расстояния от них до микрофонов, которое в каждом отдельном случае устанавливается экспериментально, приводит к разрыву «звуковой картины» с большим усилением боков звукового поля и почти полным отсутствием середины.

---

[1] Перевод этой брошюры выпущен Госэнергоиздатом в серии «Массовая радиобиблиотека», вып. 435 (прим. перев.).

При этом часто теряются все преимущества стереофонии (пластичность звучания).

Для записи одиночных лиц или солистов (рис. 5,*а*) угол между осями микрофонов должен быть от 30 до 60°. Ширину базы (или расстояние между микрофонами на рис. 5,*б*) выбирают в пределах от 0,3 до 1 *м*. В этом случае нельзя говорить слишком близко в микрофон, так как тогда даже незначительные движения говорящего воспринимаются как скачки или источник звука кажется неестественно растянутым. Если необходимо «подмешать» текст в форме кратких реплик в другую стереозапись (например, музыку), можно записать одного диктора сбоку или же двух дикторов, говорящих попеременно (рис. 6,*в*), но их нельзя заменить одним, так как мнимое перемещение диктора то в одну, то в другую сторону кажется при воспроизведении неоправданным.



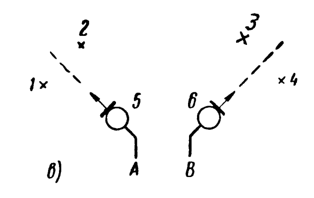


Рис. 6. Размещение микрофонов при создании стереофонических эффектов.

а — для подчеркивания акустической середины при однонаправленных микрофонах; *б* — то же при ненаправленных микрофонах; *в* — для выделения боковых эффектов; *1, 2, 3, 4* — источники звука; *5, 6* — микрофоны.

Источник звука и стереофонические микрофоны располагают в помещении с учетом получения акустической симметрии. Расположение источников звука и влияние акустики помещения поясняются на рис. 7. Расстановка, показанная на рис. 7,*а*, неправильна, так как все отраженные звуковые волны будут поступать от одной правой стены, слева же они будут поглощаться занавеской. В этом случае можно рекомендовать расстановку, изображенную на рис.7,*б*, когда комбинированный микрофон, предназначенный для стереофонической системы *XY*, обращен в сторону звукопоглощающей поверхности (в принципе такая расстановка пригодна и для системы *АВ*, но в этом случае она более критична из-за различных акустических условий для каждого из микрофонов). Совершенно неправильно (за исключением необходимости создания особых эффектов, например усиленной реверберации) обращать микрофоны в сторону стены (рис. 7,*в*), так как тогда отраженный звук будет снова попадать в микрофон. Лучше повернуть его на 180° (рис. 7,*г*), в этом случае можно получить более диффузную реверберацию даже при использовании ненаправленных микрофонов.

При записи беседы группы лиц, расположившихся за большим, но не слишком длинным столом, можно выбрать расстановку микрофонов, показанную на рис. 8,*а* и *в*. Однако если стол узкий и длинный, то лица, сидящие посередине стола, оказываются слишком близко от микрофонов, сидящие же на торцовых сторонах — слишком далеко от них. При воспроизведении создавалось бы впе-

чатление, что стол вытянут в форме подковы. Во избежание этого следует подвешивать микрофоны над столом, как это показано на рис. 8,*б* и *г*. Высота расположения микрофонов определяется опытным путем в зависимости от длины стола и угла между осями микрофонов. Стол рекомендуется ставить в середине помещения. При записи беседы стол следует покрыть толстой шерстяной (или другой звукопоглощающей) тканью, чтобы подавить отражение звуковых волн от поверхности стола. Этот совет остается в силе и для других аналогичных случаев.

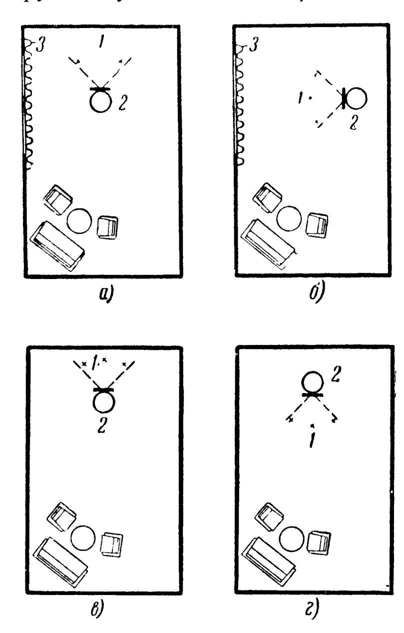


Рис. 7. Варианты расположения микрофонов в студии.

а и *в* — неправильные; *б* и *г* — правильные; *1* — источники звука; *2* — микрофоны; *3* — занавеска.

Запись движущихся объектов получается лучше, чем с двумя раздельными микрофонами, включенным по системе *АВ*, если применить комбинированный микрофон, включенный по системе *XY*. От расстановки микрофона в большой степени зависит направление кажущегося движения источника звука при воспроизведении, причем оно может не соответствовать фактическому. Примеры этого показаны на рис. 9. В верхнем ряду источник звука *1* движется прямолинейно слева (точка *А*) к середине (точка *Б*) и далее вправо к точке *В*. Одновременно верхний ряд дает представление о расстановке микрофонов для записи по системе *XY*, в среднем ряду показано расположение микрофонов записи по системе *АВ*, а в нижнем — кажущееся движение источника звука при воспроизведении. При этом предполагается, что слушатель *4* находится в зоне хорошего стереофонического восприятия (см. рис. 1) и на оптимальном удалении от громкоговорителей *5* (длина базы между громкоговорителями равна удалению слушателя от базовой линии громкоговорителей).

В условиях, соответствующих изображенным на рис. 9,*а*, сильно выделяется акустическая середина. Источник звука при воспроизведении воспринимается как бы выдвинувшимся вперед в точку Б. Для избежания этого надо увеличить расстояние между микрофонами, а в системе *XY* оси микрофонов следует ориентировать на начальную и конечную точки движения. Однако слишком большой разнос микрофонов рис. 9,*в*. для системы *АВ* снижает возможности локализации, т. е. кажется, что источник звука занимает большую площадь, а не собран в одной точке пространства.

Разнесение микрофонов в системе *АВ* (увеличение ширины

базы) или увеличение угла между осями микрофонов в системе XY вызывают кажущееся приближение источника звука на флангах и его «провал» в середине базы (рис. 9,*б*). Расстановка, показанная на рис. 9,*в*, дает эффект, обратный тому, который был показан на рис. 9,*а*. Микрофон с круговой характеристикой направленности устанавливают против начальной и конечной точек движения источника звука (рис. 9,*в*), а комбинированные кардиоидные микрофоны, предназначенные для записи по системе XY, располагают по схеме, принятой для системы AB (длину базы находят опытным путем), причем их оси ориентируют также на точки начала и конца движения. В результате при воспроизведении получается кажущееся перемещение источника звука, различное для микрофонов обоих типов, при этом кривая движения в значительной мере зависит от расстояния между микрофонами и источником звука.

Одно из возможных последствий слишком близкого расположения микрофонов к источнику звука показано на рис. 9,*г* (сравните расстановку микрофонов на рис. 9,*а*). Создается впечатление «скачкообразного» перемещения источника звука, впечатление объемности неестественно, а в середине базы звук «размыт».

Из приведенных примеров ясно, что при стереофонической записи звука часто приходится устанавливать микрофоны на большем удалении от источника звука, чем это принято при монофонической звукозаписи. Это обстоятельство предъявляет повышенные требования к чувствительности микрофонов. Поэтому в стереофонической записи, как прави-

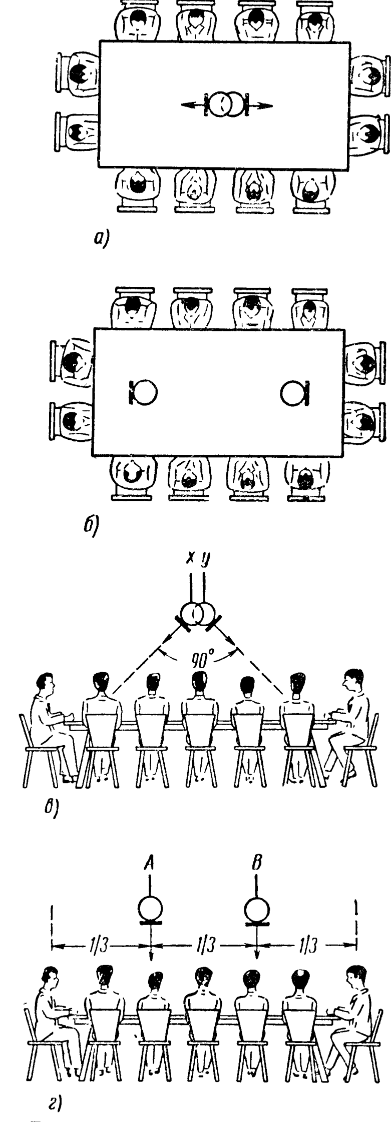


Рис. 8. Расположение микрофонов при записи беседы группы лиц.
а и *в* — при однонаправленных микрофонах; *б* и *г* — при ненаправленных микрофонах.

ло, пользуются микрофонными усилителями. Как и микрофоны, они должны быть совершенно аналогичными.

Несколько слов о записи вне помещения, на открытых пространствах. Здесь остаются в силе все основные правила, рассмотренные выше, однако ввиду отсутствия отражений запись вне помещения менее критична, она почти всегда оказывается удачной и отличается от монофонической записи более естественной «акустической атмосферой». Даже некоторые природные шумы, которые не совсем естественно звучат в технически безупречной монофони-

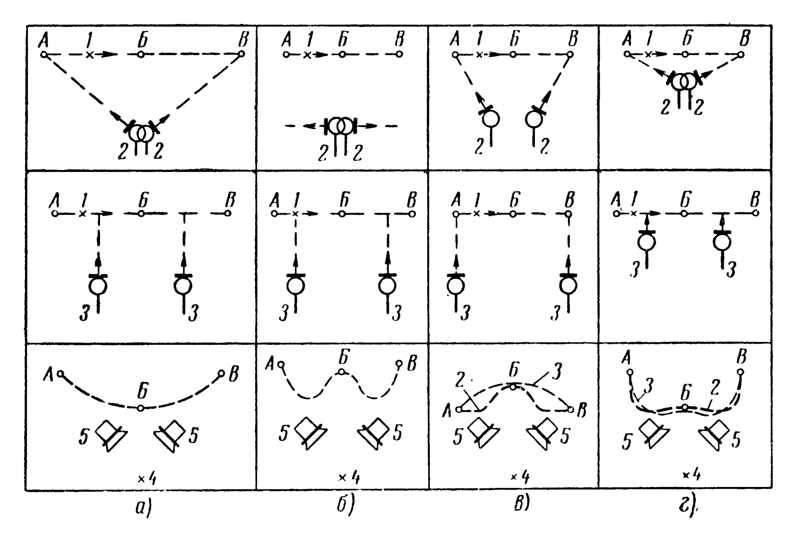


Рис. 9. Расположение микрофонов при стереофонической записи движущегося источника звука.

а — нормальное расположение; *б* — небольшое разнесение микрофонов; *в* — большое разнесение микрофонов; *г* — приближение микрофонов; *1* — источник звука; *2* — однонаправленные микрофоны; *3* — ненаправленные микрофоны; *4* — слушатель; *5* — громкоговорители.

ческой записи, отлично воспроизводятся в стереофонической звукопередаче (шум дождя, ветра, раскаты грома, потрескивание костра и т. д.). Однако эта особенность стереофонической техники иной раз может причинить немало хлопот. Дело в том, что излюбленные и испытанные шумовые трюки (марширующая колонна, имитируемая при помощи пергаментной бумаги) либо тотчас разгадываются слушателями, либо требуют других решений, отличающихся от принятых в одноканальной записи (например, имитация пароходного гудка с помощью бутылки, в которую вдувают воздух, удается в стереозаписи только при большом разносе микрофонов и в очень гулком помещении). Не помогает в данном случае и «подмешивание» подобных трюковых шумов, записанных монофонически, в один из стереофонических каналов, так как они выделяются на общем фоне стереофонической звукопередачи и кажутся неестественными. Следовательно, в этом отношении любителю придется переучиваться.

ПЕРЕЗАПИСЬ СО СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЙ ГРАМПЛАСТИНКИ НА МАГНИТНУЮ ЛЕНТУ

Смысл такой перезаписи заключается в том, что она позволяет сохранить недолговечную стереофоническую грампластинку и предохранить ее от преждевременного истирания, так как даже при наличии высококачественных стереофонических звукоснимателей качество пластинки заметно ухудшается примерно после 30 проигрываний.

Как правило, удобнее всего подсоединить стереофонический проигрыватель непосредственно к входу магнитофона, следя за правильностью подключения каналов. Уровень записи регулируют посредством регулятора громкости магнитофона. Необходимая корректировка звучания осуществляется не в процессе перезаписи, а позже, при воспроизведении магнитной ленты. При перезаписи не следует пользоваться разными усилителями или низкочастотным трактом стереофонического приемника.

ПСЕВДОСТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ

Под псевдостереофонией понимают специальные способы записи или воспроизведения, которые не отвечают принципу стереофонической звукопередачи, поясненному на рис. 1, но дают эффекты, воспринимающиеся на слух подобно стереофоническим. Рассмотрение этих способов, мало пригодных для любителя, не входит в задачу настоящей книги. Здесь будут рассмотрены лишь возможности использования в стереофонии одноканальных записей (на обычных магнитофонах, грампластинках и пр.). Именно эти способы представляют интерес для любителя, занимающегося стереофонией.

Например, в стереофоническую передачу можно подмешивать записанные одноканальным способом шумы или музыку. Для этого перезаписывают монофоническую запись с обычного магнитофона на стереофонический. Таким способом можно использовать шумы, фон и другие записи, которые нельзя выполнить в стереофоническом варианте. Голос оратора, записанный одноканальным способом и подмешанный в стереозапись беседы лиц, сидящих за столом, при воспроизведении может быть выделен на общем фоне разговора в определенной точке звуковой картины или же может звучать как голос комментатора, находящегося как бы в стороне от «арены событий». В этом отношении перед любителем открываются большие возможности для трюковой записи. Схемы аппаратуры и технические решения будут показаны ниже, а в данном разделе будут рассмотрены лишь некоторые вопросы применения.

Если необходимо, чтобы голос оратора, записанный одноканальным способом, звучал с одной стороны, то эту запись просто подмешивают в соответствующий канал. Путем переключения этого монофического источника звука из одного канала в другой создается иллюзия движения в пространстве, искусственное «перемещение» источника. Это позволяет, например, создать впечатление движущегося мимо слушателя мотоцикла (для имитации звука ставят велосипед вверх колесами и прикладывают к спицам вращающегося заднего колеса кусочек картона).

Если этот записанный монофонически шум равномерно подмешать в оба канала, то звук будет исходить не из середины базы (как того следовало бы ожидать), а будет рассеиваться и распределяться по всей ее ширине. Следовательно, к стереофонической записи, выполненной в помещении, можно подобрать «акустическую кулису», например шум улицы или щебетанье птиц. При этом вовсе не обязательно записывать эти фоновые шумы стереофонически. Конечно, такая запись звучит не так, как если бы данный звуковой образ был записан стереофонически вне помещения, а скорее походит на шум, слышимый в комнате сквозь открытое окно. Таким способом можно, например, разговор, записанный дома, «оживить» фоном, характерным для «экзотических стран» (фон можно записать с радиопередачи).

Оригинальные эффекты получаются при монофонической записи с искусственной реверберацией (техника записи и способы устройства «реверберационных камер» описаны в брошюре «Практика магнитной звукозаписи»). В этом случае нетрудно оригинальный звук подать в один канал, а реверберационные колебания — в другой. При этом получается впечатление, что говорящий находится на открытом месте против большого пустого зала или перед стеной, хорошо отражающей звук. Человеческий голос, записанный на один канал с преувеличенно большой реверберацией и подмешанный в один из стереоканалов, производит впечатление голоса «привидения», звучащего сбоку от помещения, в котором воспроизводится стереозапись. При переключении в другой канал это «привидение» как бы плавно проплывает через помещение.

Подобные трюки в сочетании с нормальной стереофонической записью дают удивительно сильные эффекты, которыми может воспользоваться любитель. Фантазии здесь почти нет предела, а затраты на соответствующую специальную аппаратуру — при условии ее самодельной сборки — не столь велики по сравнению со стоимостью всей стереофонической установки.

ТЕХНИКА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Громкоговорители. Нет нужды особо подчеркивать значение, которое отводится громкоговорителям в стереофонической звукопередаче. Они должны из низкочастотных сигналов, передаваемых по двум каналам, снова воссоздать акустическое звуковое поле, в силу чего от них требуется абсолютно синфазное излучение звука во всем диапазоне звуковых частот. Задача формулируется следующим образом: необходимо по возможности точно воспроизвести в месте воспроизведения звуковое поле, образовавшееся в месте записи. Это требование выполнимо лишь отчасти, так как на воспроизведении сильно сказываются акустика помещения и расположение в нем громкоговорителей.

В практике стереофонической записи для контрольных целей вполне оправдывают себя головные телефоны (правда, они должны быть очень высокого качества). Электромагнитные головные телефоны не лишены недостатков, однако и они годятся для контрольного прослушивания, например для определения местоположения микрофонов. Головные телефоны обычно соединены между собой последовательно. Однако не составляет труда разъединить

их, подключив каждый наушник к одному из каналов. Необходимо обратить внимание на их правильную фазировку: сигнал одинаковой полярности или фазы должны вызывать изгиб обеих мембран в одном направлении. При неправильной фазировке одного наушника (или громкоговорителя) стереофоническое впечатление искажается, происходит разрыв звуковой картины и становится невозможным однозначно определить направление на источник звука.

В этом отношении для стереофонического восприятия более удобны электродинамические головные телефоны, принцип устройства которых имеет некоторое сходство с громкоговорителями. За границей для этих целей выпускают специальные стереофонические головные телефоны, которые по качеству звучания во всем звуковом диапазоне — даже на низких частотах — превосходят первоклассные широкополосные громкоговорители. Прослушивание стереозаписи на такие головные телефоны не идет ни в какое сравнение с громкоговорителями. Причина этого объясняется тем, что при воспроизведении на головные телефоны устраняются все помехи, возникающие из-за акустики помещения, нахождения вне зоны оптимального стереофонического восприятия и т. п. Кроме того, высококачественные электродинамические телефоны в отличие от громкоговорителей характеризуются мало заметным собственным резонансом и равномерностью частотной характеристики. Тем самым исключается самое слабое звено низкочастотного канала — громкоговоритель и акустика помещения, погрешности которых особенно сильно сказываются при стереофонической звукопередаче.

Поэтому для воспроизведения используются только высококачественные широкополосные громкоговорители. Они должны быть обязательно одного типа и встроены в одинаковые футляры, которые нетрудно сделать самому. Не следует применять футляры с фазоинвертором

Хорошие результаты дают комнатные звуковые колонки или угловое расположение громкоговорителей с соответственно подобранной отражательной доской.

Учитывая необходимую для стереофонического восприятия громкость, обусловленную физиологическими и психологическими особенностями слуха, громкоговорители должны быть рассчитаны на мощность не менее 4—6 *вт* в каждом канале. К каждому каналу можно подключить несколько громкоговорителей при условии, что все они однотипны. Не следует пользоваться акустическими агрегатами, состоящими из высокочастотных и низкочастотных громкоговорителей с фильтрами для разделения частот, которые известны любителю по одноканальным установкам высококачественного звучания. В таких агрегатах неизбежны фазовые сдвиги звуковых колебаний, излучаемых отдельными громкоговорителями, что приводит к частичному «гашению» некоторых частот и к искажению стереофонического эффекта.

Необходимо учитывать, что основное требование, которому должен удовлетворять стереофонический акустический агрегат, это синфазная работа всех диффузоров громкоговорителей, подключенных к одному каналу. Это в какой-то степени удается осуществить только при использовании громкоговорителей одного типа. При современных широкополосных громкоговорителях отпала надобность в агрегатах, собираемых из высокочастотных и низкочастотных громкоговорителей. По возможности надо стремиться к тому, чтобы

к каждому каналу был подключен только один громкоговоритель; применение нескольких громкоговорителей оправдано лишь в случае некоторых акустических особенностей помещения.

Помещение для прослушивания стереофонической записи должно быть «акустически заглушенным», т. е. в идеальном случае не давать отражений звуковых колебаний. В домашних условиях эти требования выполнимы лишь частично. Хорошими считаются не слишком маленькие комнаты, обставленные мягкой мебелью, завешанные толстыми коврами, гардинами и настенными ковриками, поглощающими звук. Полностью устранить реверберацию никогда

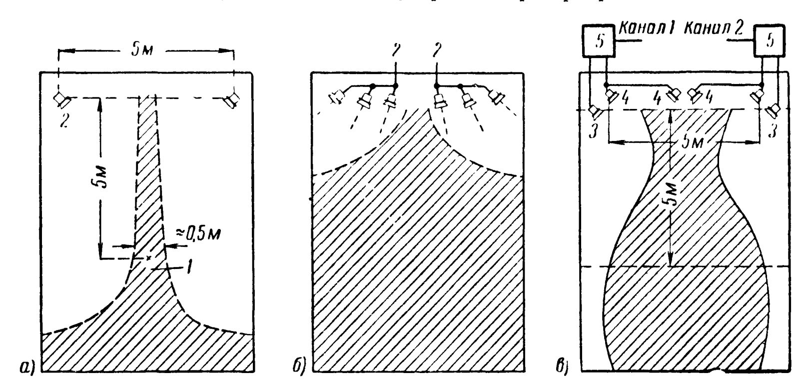


Рис. 10. Расположение громкоговорителей в помещении.

а — нормальное расположение; *б* — расширение зоны слышимости путем использования нескольких громкоговорителей в каждом канале; *в* — в заглушенном помещении; *1* — слушатель; *2* — широкополосные громкоговорители; *3* — низкочастотные громкоговорители; *4* — высокочастотные громкоговорители; *5* — разделительные фильтры.

не удается, однако она доставляет хлопоты в том случае, если исходит преимущественно из какого-либо одного места помещения.

Мало пригодны помещения, в которых наблюдается отражение звука с одной стороны. Однако это поправимо, если путем продуманной равномерной расстановки звукопоглощающих материалов и предметов добиться рассеянного симметричного отражения. Например, в условиях, аналогичных изображенным на рис. 7, для этого потребовалось бы либо перенести занавес на заднюю узкую стену комнаты, либо еще лучше расставить мягкую мебель по диагонали к занавесу. Нужно также позаботиться о том, чтобы оставшиеся отражающие поверхности по-возможности не были расположены друг против друга и чтобы громкоговорители не были направлены прямо на них. Здесь снова окажет пользу эксперимент, постановка которого потребует не только хорошего слуха, но и немного терпения.

Выше уже напоминалось о зоне оптимального стереофонического восприятия (рис. 1). Такая форма площади слышимости наблюдается только в абсолютно заглушенном помещении (рис. 10,*а*). Расстоя-

ние между громкоговорителями (ширина базы) и их расположение вдоль длинной или узкой стены комнаты зависят от того, в каком месте будет находиться слушатель (вспомним правило: «расстояние до слушателя должно равняться ширине базы»). На рис. 10,*а* ширина базы составляет около 5 *м*, примерно на таком же расстоянии от базовой линии находится слушатель *1*. Однако в этом месте ширина зоны хорошей слышимости не превышает 0,5 *м*, вследствие чего здесь трудно разместить группу слушателей. Но даже незначительные отражения звука от стен, хотя они несколько ухудшают качество стереофонического восприятия, заметно расширяют эту зону. Форму зоны можно весьма значительно изменять, варьируя степень отражения звука от стен помещения.

Для расширения зоны хорошей слышимости применялись также разные варианты размещения громкоговорителей. На рис. 10,*б* показано такое расположение, которое сознательно использует отражение от стен и дает хорошие результаты в умеренно гулких помещениях. В этом варианте размещения громкоговорителей их оси направлены различно относительно стен. Правда, этот вариант не исключает риска частичного спадания звуковой энергии и эхообразования в помещении. Поэтому такое расположение можно рассматривать условно пригодным для демонстрации стереоэффектов в лекционных залах и подобных помещениях.

На рис. 10,*в* показано расположение громкоговорителей, рекомендуемое для студий. Оно предназначено для заглушенных помещений. Зона хорошего стереофонического восприятия получается достаточно большой, причем на ней не сказывается трудно контролируемое влияние акустики помещения. К сожалению, здесь нельзя обойтись без частотных разделительных фильтров *5*, благодаря которым низшие частоты каждого канала излучаются только угловыми громкоговорителями *3*, а средние и высшие частоты — громкоговорителями *4*. Здесь также необходимо учитывать различное направление осей громкоговорителей по отношению к стенам.

По причинам, изложенным выше, точное согласование таких акустических агрегатов и разделительных фильтров выходит за пределы любительских возможностей. Тем не менее три приведенных варианта расположения громкоговорителей могут служить отправным пунктом для собственных экспериментов. Наиболее подходящим и экономичным для любителя является первый вариант. Громкоговорители следует располагать симметрично примерно на высоте от 1,5 до 2 *м* от пола (в зависимости от высоты помещения).

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

СХЕМЫ И СБОРКА АППАРАТУРЫ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Эта глава предназначена главным образом для любителей, имеющих опыт в сборке низкочастотной аппаратуры. Объем брошюры слишком мал для того, чтобы дать подробные рекомендации по конструированию, однако нельзя обойти молчанием ряд схем и принципов конструирования, типичных для стереофонической тех-

ники. Поэтому здесь будут рассмотрены несколько стереофонических устройств для самостоятельной сборки, которые специально разработаны для этих целей и испытаны автором.

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ПРОСЛУШИВАНИЯ НА ГОЛОВНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ

Выше уже указывались преимущества стереофонического воспроизведения через головные телефоны, особенно при подготовке записи (расстановка микрофонов). На рис. 11 показана схема уси-

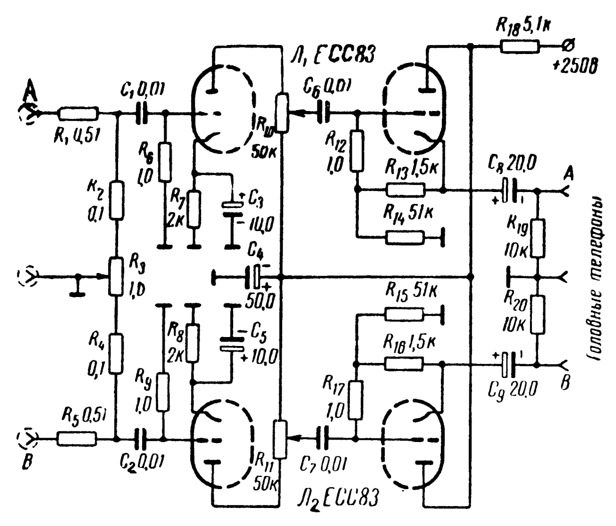


Рис. 11. Схема простого стереофонического усилителя.

лителя, предназначенного для прослушивания на головные телефоны Этот усилитель можно подключать непосредственно за микрофонным усилителем, а также для непосредственного прослушивания стереофонических грампластинок и стереофонической мигнитной записи, что позволяет контролировать качество стереофонической звукопередачи, исключив влияние акустики помещения. Таким путем при неудовлетворительном звучании громкоговорителей можно проверить, виновата ли в этом запись или же на воспроизведении отрицательно сказывается акустика помещения. Для оценки правильности расстановки микрофонов вполне пригодны хорошие электромагнитные головные телефоны, тогда как для оценки качества воспроизведения рекомендуется пользоваться электродинамическими телефонами. Сопротивление таких телефонов сравнительно невелико (несколько сотен *ом*), и поэтому выход усилителя рассчитан на сопротивление порядка 200 *ом*.

Питается усилитель от обычного выпрямителя. В усилителе нет регулятора громкости, так как можно обойтись без него. Не предусмотрен также и специальный сдвоенный регулятор громкости. Оба канала посредством потенциометров R_{10} и R_{11} настраивают на одинаковую громкость, для чего соединяют оба входа *А* и *В* параллельно и берут одноканальный источник программы. Регулятор стереобаланса R_3 должен находиться точно в среднем положении. Он предназначен не столько для установки «акустической середины» (как это принято в обычных стереофонических усилителях), сколько для того, чтобы в случае надобности определить, зависит ли неудовлетворительная передача «середины» от неравного усиления в каналах или от акустики помещения. В последнем случае едва ли удастся исправить положение регулятором стереобаланса R_3. Конструкция усилителя проста и не требует подробных пояснений.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СБОРКЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ

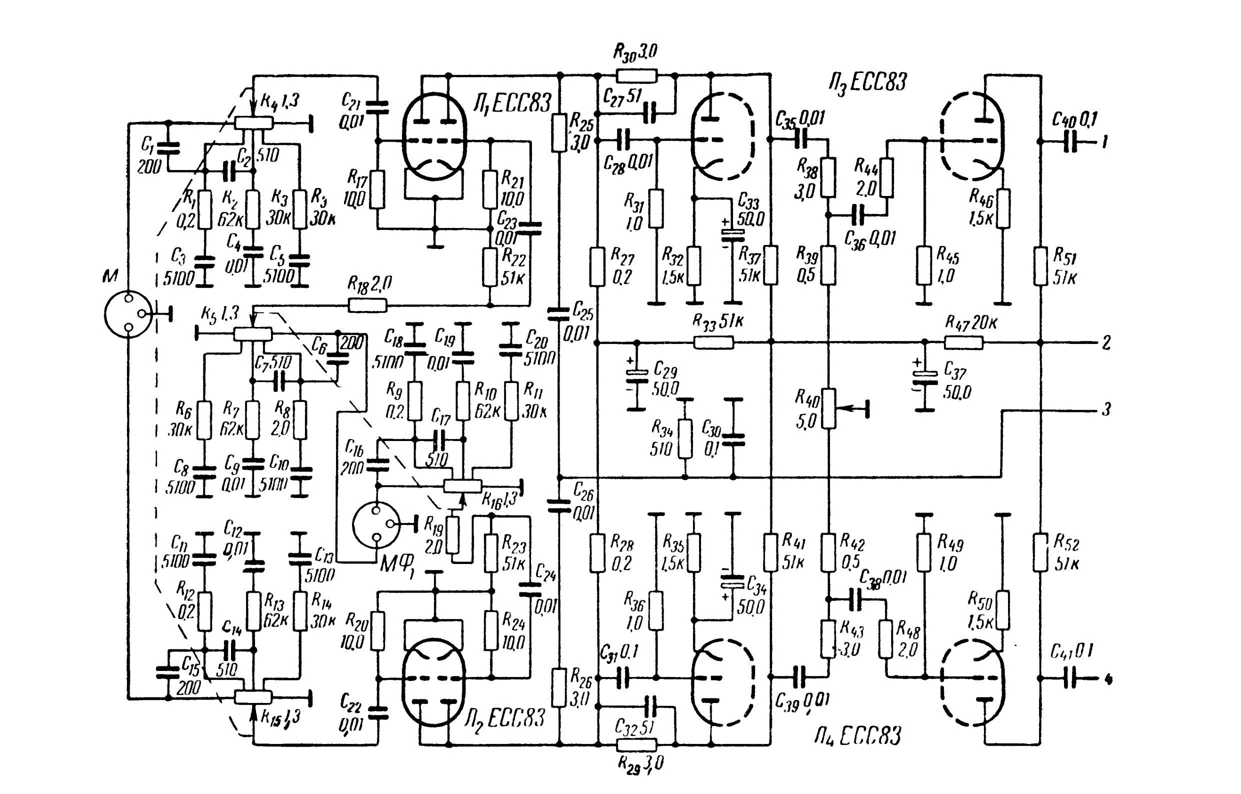
Описываемый усилитель, схема которого изображена на рис. 12, относится к числу высококачественных студийных усилителей.

В усилителе предусмотрено два микшерных входа для микрофона (*М*) и для стереофонического магнитофона ($МФ_1$). К гнездам $МФ_1$ можно подключать стереомагнитофон, описанный в следующем разделе. Оба канала совершенно одинаковы по своей конструкции, поэтому ниже будет рассмотрен только один «верхний» канал.

Лампа $Л_1$ служит для развязки входов. Из-за высокого уровня выходного сигнала магнитофона в усилитель введен делитель $R_{18}R_{22}$. Это позволяет в зависимости от применения усилителя использовать второй вход (в этом случае без делителя) либо в качестве второго микшерного микрофонного входа (чувствительность обоих микрофонных входов настолько высока, что динамический микрофон можно подключать без предварительного усилителя), либо вход $МФ_1$ может служить для присоединения проигрывателя. В этом случае вместо делителя $R_{18}R_{22}$ вводится необходимая для стереопластинок схема коррекции частотной характеристики (рис. 13), которая одновременно позволяет получить требуемую для проигрывания чувствительность на входе.

Напряжение на входе регулируют специальными сдвоенными потенциометрами; они необходимы для получения синхронности, так как различные характеристики регулирования на входах обоих каналов привели бы к кажущемуся смещению «акустической середины». Входные напряжения «верхнего» канала, смешиваемые лампой $Л_1$, усиливаются лампой $Л_3$. Лампы $Л_1$ и $Л_2$ включены по схеме, которая даже при питании цепи накала переменным током позволяет получить уровень фона не менее 60 *дб*. Потенциометр R_{40}— регулятор стереобаланса. Он служит для подстройки «акустической середины».

При первичной настройке усилителя одинаковое усиление в обоих каналах достигается путем подбора величины сопротивлений R_{44} и R_{48}. Для этого каналы соединяют параллельно, нагружают звуковым генератором, а движок потенциометра R_{40} устанавливают в среднее положение. Как и в любом стереофоническом усилителе,



Л1 ECC83
Л2 ECC83
Л3 ECC83
Л4 ECC83
M
MФ1
R30 3,0
C27 51
C28 0,01
R25 3,0
R26 3,0
C32 51
R29 3,0
C35 0,01
C40 0,1
C36 0,01
C38 0,01
C39 0,01
C41 0,1
R33 51к
R47 20к
R40 5,0
1
2
3
4



Рис. 12. Схема высококачественного стереофонического усилителя.

в обоих каналах можно ставить детали только абсолютно одинаковые. Лишь таким путем можно получить требуемую синфазность и согласование частотных характеристик обоих каналов. Это в особенности относится к схемам регуляторов тембра $R_{53}(R_{54})$ и $R_{65}(R_{73})$, которые должны быть собраны на деталях с отклонением не более 2% от номинала.

Для регуляторов тембра выбраны схемы из RC-звеньев, находящиеся в цепи управляющих сеток ламп. Их характеристика регулирования представляет собой «веерную» диаграмму, известную из одноканальной техники. Эти схемы отличаются широким диапазоном регулирования и несколько необычным расчетом (в регуляторе низших частот параллельно потенциометру включены конденсаторы C_{49} и C_{54}). Регуляторы тембра также собраны на сдвоенных потенциометрах. Как уже указывалось, в стереофонических усилителях регуляторы тембра не ставят в цепях отрицательной обратной связи из-за почти неизбежного возникновения фазовых искажений.

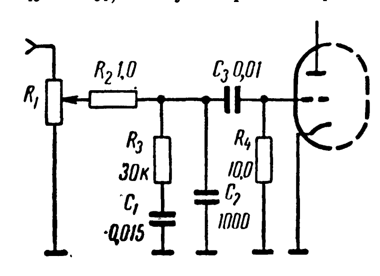


Рис. 13. Схема коррекции частотной характеристики при воспроизведении грамзаписи.

Для избежания взаимных наводок отказываются также от объединения регуляторов высших и низших частот, что дало бы возможность сэкономить в каждом канале по одной лампе.

Оконечный каскад в каждом канале собран по однотактной схеме, работающей в режиме А. Выходная мощность около 2,8 *вт*, что вполне достаточно для домашних условий. В усилителе предусмотрен один общий блок питания, поэтому в каналах не применяется схема более прогрессивного двухтактного оконечного каскада, собираемого на двух лампах EL84. Со вторичной обмотки выходного трансформатора (для этих целей годится только высококачественный широкополосный трансформатор с секционной намоткой) снимается напряжение отрицательной обратной связи, предназначенное для уменьшения нелинейных искажений и демпфирования собственного резонанса громкоговорителей. Поэтому движки регуляторов R_{95} и R_{104} при первом включении усилителя устанавливают примерно в одинаковое положение, для получения заданной выходной мощности.

Блок питания может быть использован любой, дающий необходимое напряжение при токе порядка 120—150 *ма*. Необходимая фильтрация анодного напряжения обеспечивается RC-фильтрами во всех каскадах.

Для контроля уровня сигнала служит электронно-оптический индикатор особой конструкции — лампа ЕМ83 (Л9), в котором для каждого канала предназначена своя светящаяся полоска. На баллоне лампы имеется отметка, соответствующая номинальному уровню сигнала. В схему усилителя введен испытательный звуковой генератор на лампе $Л_{10}$, включаемый клавишей *Вк* и подающий на оба канала одинаковое напряжение, которое при первой настройке изменяется подбором величин сопротивлений $R_{34}R_{59}$ таким образом,

чтобы в обоих каналах сигнал достиг своего полного уровня. Следовательно, индикатор уровня позволяет в любое время контролировать работу обоих каналов. По тону звукового генератора регуля-

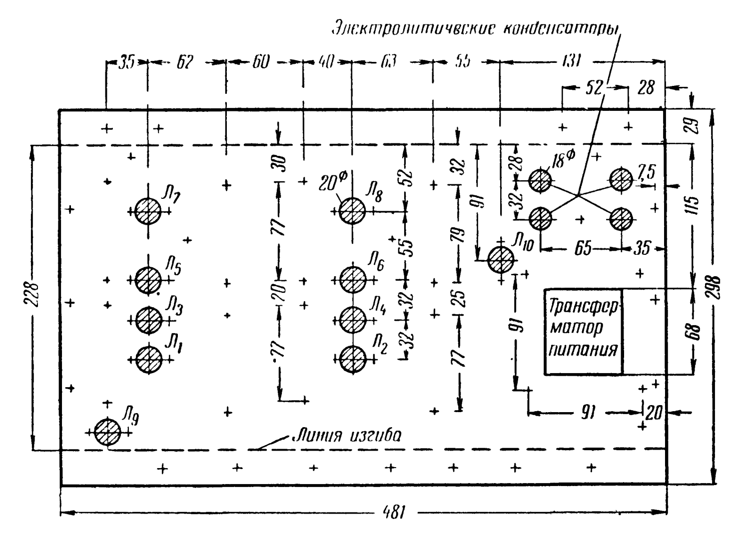


Рис. 14. Разметка шасси усилителя.

тором баланса точно настраиваем «акустическую середину», не прибегая к помощи специального источника низкочастотных колебаний. Такое устройство оказалось весьма полезным на практике. К анод-

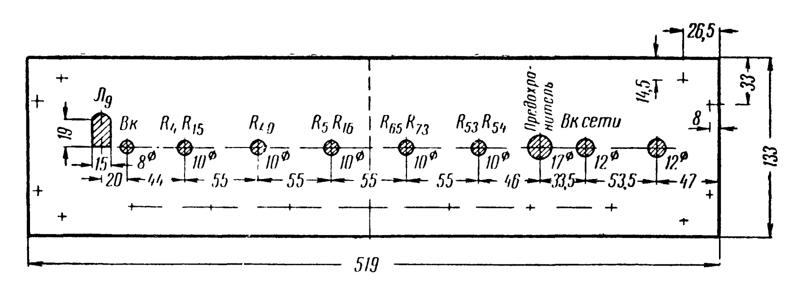


Рис. 15. Разметка лицевой панели.

ным цепям ламп $Л_5$ и $Л_6$ подключены гнезда $МФ_2$ для записи на стереофонический магнитофон, которые объединены с входными гнездами в общей розетке. На рис. 14 и 15 приведены размеры шасси и передней панели усилителя, собранного в виде выдвижного ящика для стойки. Фотографии на рис. 16, 17, 18 и 19 дают пред-

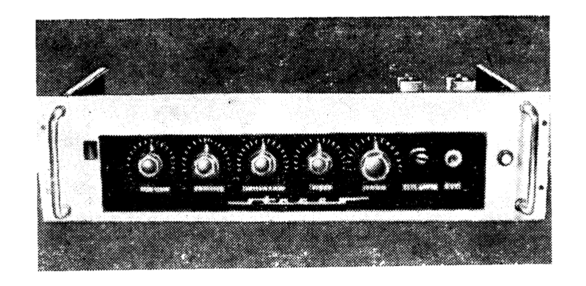


Рис. 16. Внешний вид лицевой панели.

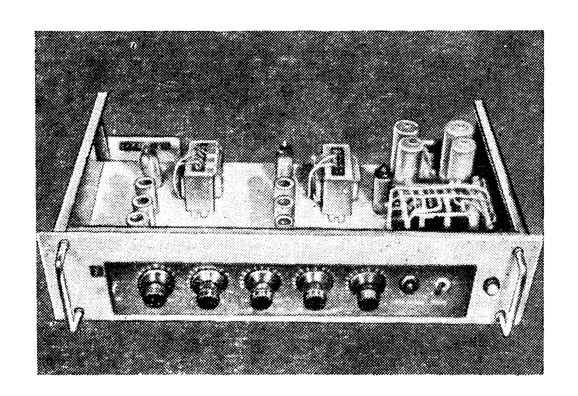


Рис. 17. Расположение деталей на шасси усилителя.

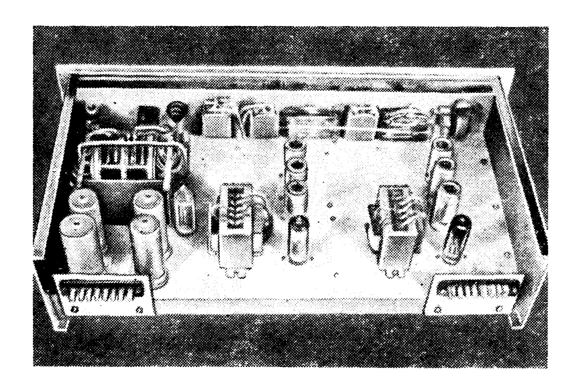


Рис. 18. Вид на шасси усилителя сзади.

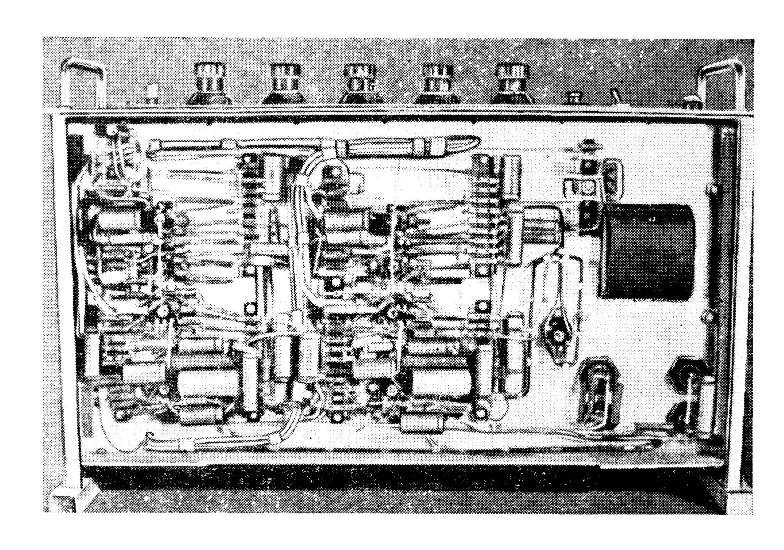


Рис. 19. Расположение деталей и монтажа снизу шасси.

ставление о конструктивном выполнении устройства. На рис. 18 отчетливо видно симметричное построение каналов. На передней панели расположены ручки регуляторов. От них в глубь шасси идут тракты усиления обоих каналов. Оконечные лампы установлены рядом с выходными трансформаторами. Слева на рис. 18 виден трансформатор питания. Монтаж обоих каналов также отличается строгой симметричностью (рис. 19). Такая симметричность монтажа способствует полной идентичности обоих каналов, несмотря на возможность появления в высокоомных цепях паразитных монтажных емкостей.

При сборке усилителя необходимо руководствоваться известным из одноканальной техники правилом: все заземляемые провода (отдельно от каждого канала) сводятся к одной точке шасси.

САМОДЕЛЬНЫЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ МАГНИТОФОН

Вследствие того, что стереофонический магнитофон отличается от одноканального тем, что у него имеется еще один усилитель, а также типом и размещением магнитных головок, а в конструкции лентопротяжного механизма разницы почти нет, поэтому кратко остановимся лишь на самых существенных особенностях стереофонического магнитофона.

Важно отметить, что стереомагнитофон для любительских целей можно собрать, не имея специальных деталей, в том числе

стереофонических магнитных головок. Настоящее описание содержит также сведения, полезные для любителей, желающих переделать свои одноканальные магнитофоны в стереофонические.

На рис. 20 и 21 показано расположение важнейших узлов и приведены основные размеры стереофонического магнитофона. Ось электродвигателя служит одновременно ведущим валом. Скорость

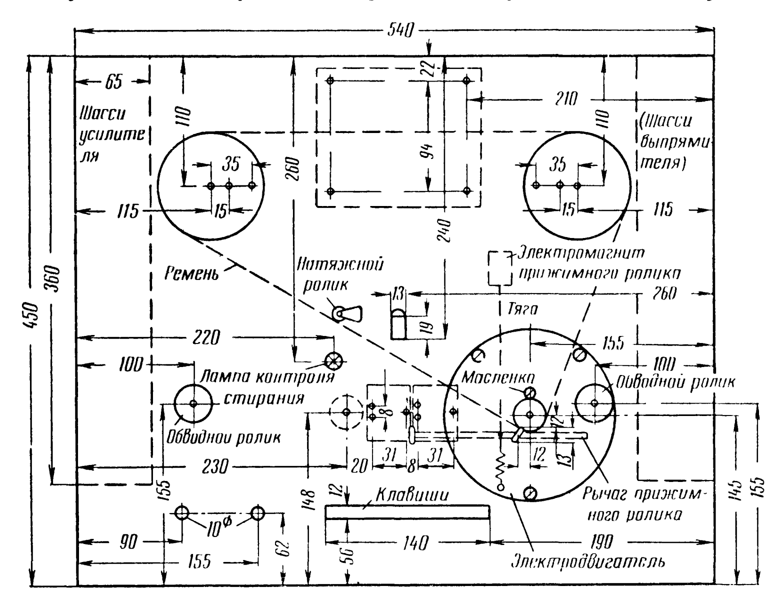


Рис. 20. Разметка платы лентопротяжного механизма.

движения ленты 19,05 *см/сек* (оптимальная скорость для стереофонической записи). В самодельных стереомагнитофонах не следует применять меньшую скорость движения ленты, так как это предъявляет очень высокие требования к точности механического выполнения, с которыми любитель едва ли справится. В рассматриваемой конструкции стереомагнитофона со смещенными дорожками (используются обычные магнитные головки для одноканальной двухдорожечной записи) более низкая скорость нецелесообразна из-за ухудшения качества стереофонического эффекта и удобства монтажа ленты.

Электродвигатель через ременную передачу приводит в движение одновременно оба подкатушника. Вся система привода имеет электрическое управление. Прижимной ролик приводится в действие при помощи электромагнита. Органом управления служит клавишный переключатель.

На рис. 22 показана схема усилителя и высокочастотного генератора. Вход усилителя рассчитан на подключение микрофона с предварительным усилителем или проигрывателя. Высокая чувствительность со входа усилителя позволяет непосредственно под-

ключать пьезоэлектрический микрофон (поэтому вход сделан высокоомным). При использовании проигрывателя в случае необходимости допустимо подключение каскада коррекции частотной характеристики согласно схеме на рис. 13. Уровень сигнала регулируется сдвоенным потенциометром R_3, R_{45}, а балансировка каналов—по-

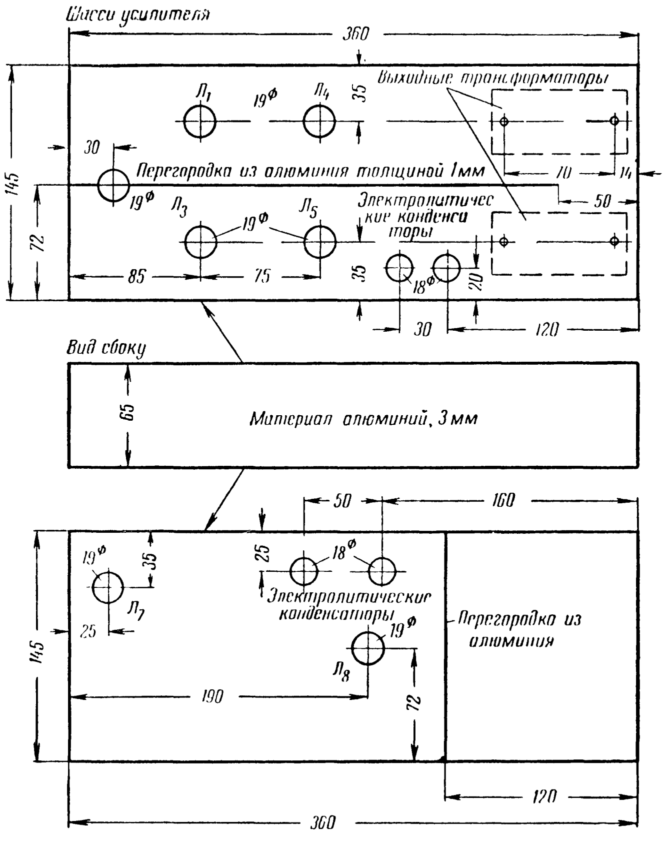
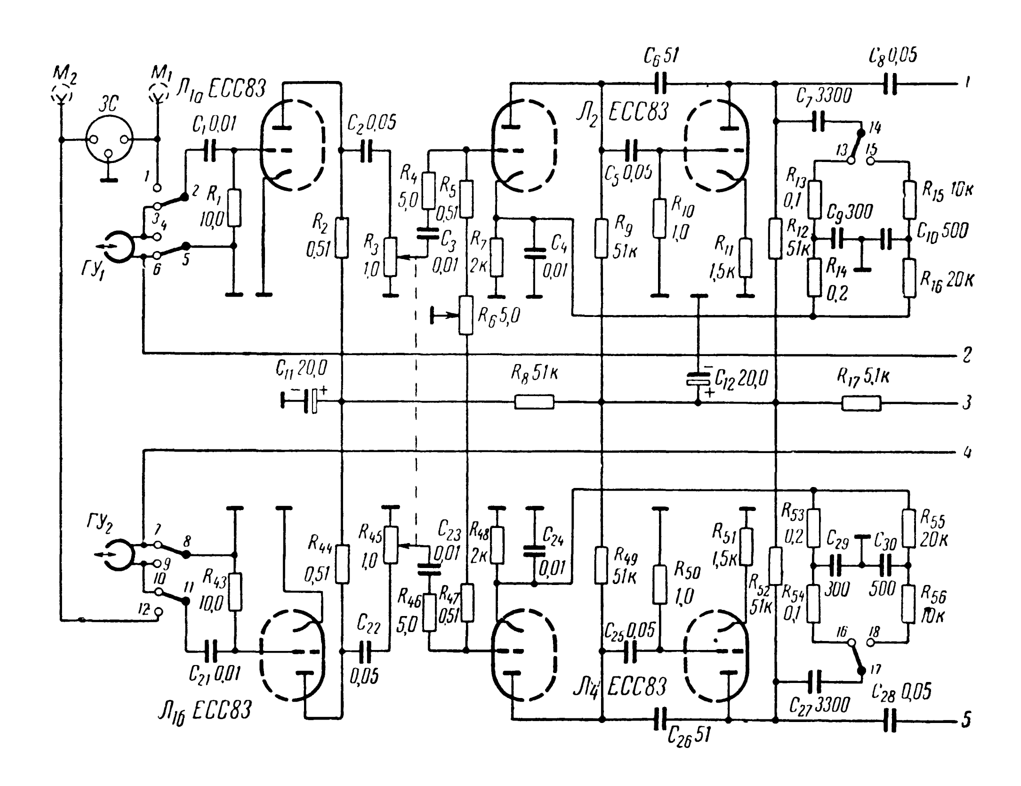


Рис. 21. Разметка шасси усилителя и выпрямителя.

тенциометром R_6. Лампы $Л_2$ и $Л_4$ охвачены частотно-зависимой отрицательной обратной связью для коррекции частотной характеристики при записи и воспроизведении. Цепи коррекции обратной связи включаются контактами *13/14, 16/17* (*14/15, 17/18*) клавишного переключателя. В виде исключения применена хорошо зарекомендовавшая себя в одноканальных магнитофонах частотно-зависимая отрицательная обратная связь.

Допустимые отклонения номинальных величин деталей в обеих цепях обратной связи не должны превышать 2%; это же требова-


M2
M1
ЗС
Л1а ECC83
C1 0,01
R1 10,0
ГУ1
C2 0,05
R2 0,51
R3 1,0
R4 5,0
R5 0,51
C3 0,01
R7 2к
C4 0,01
R6 5,0
C6 51
Л2 ECC83
C5 0,05
R9 51к
R10 1,0
R11 1,5к
C8 0,05
C7 3300
R13 0,1
R12 51к
C9 300
C10 500
R15 10к
R14 0,2
R16 20к
C11 20,0
R8 51к
C12 20,0
R17 5,1к
ГУ2
R43 10,0
C21 0,01
Л1б ECC83
R44 0,51
R45 1,0
C22 0,05
C23 0,01
R46 5,0
R47 0,51
R48 2к
C24 0,01
R49 51к
R50 1,0
R51 1,5к
R52 51к
C25 0,05
Л4 ECC83
C26 51
R53 0,2
R54 0,1
C29 300
C30 500
R55 20к
R56 10к
C27 3300
C28 0,05
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

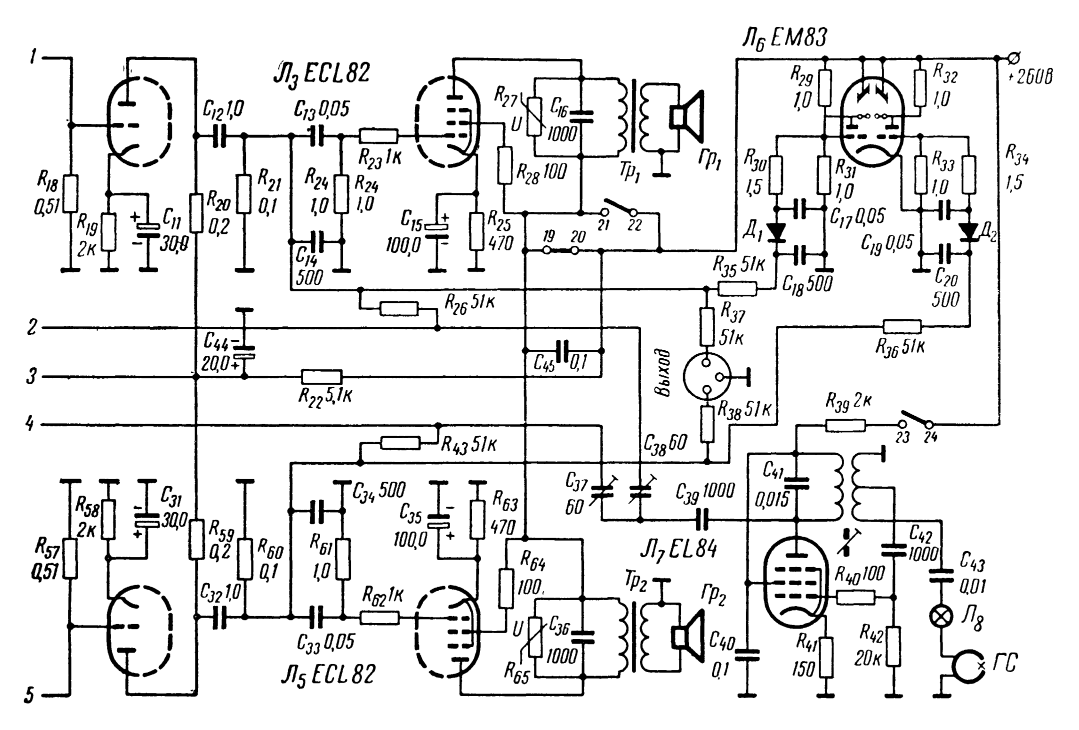


Рис. 22. Схема усилителя магнитофона.

ние распространяется и на конденсаторы C_9, C_{10} и C_{29}, C_{30}, подбираемые при регулировке частотной характеристики. Настройка обоих каналов производится одновременно, причем при правильной сборке магнитофона и согласовании магнитных головок указанные конденсаторы должны иметь одинаковую емкость в каждом канале. Стирающая головка для обоих каналов одна.

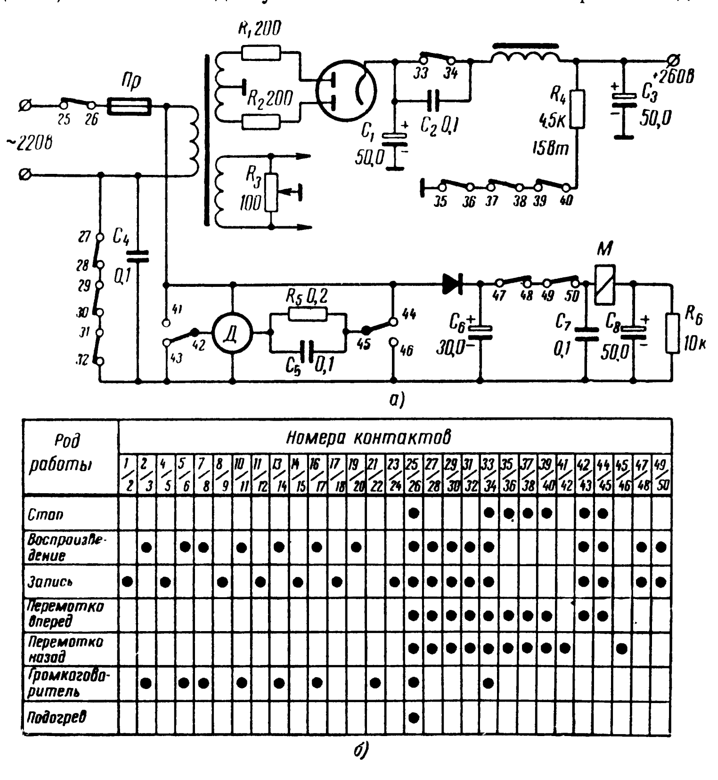
В магнитофоне имеются гнезда для контрольных головных телефонов (при записи), которые одновременно служат выходом для воспроизведения через отдельный мощный стереофонический усилитель. В каждом канале предусмотрен оконечный каскад, рассчитанный на среднюю мощность. Параллельно первичной обмотке каждого выходного трансформатора включен варистор, сопротивление которого зависит от напряжения. При отключенной нагрузке (громкоговорителе) варистор не дает возможности повыситься напряжению на первичной обмотке трансформатора до величины, опасной для оконечного каскада. Это вызвано тем, что в оконечном каскаде отсутствует отрицательная обратная связь по напряжению. Индуктор уровня, позволяющий контролировать уровень сигнала в каждом канале, собран на лампе ЕМ83 ($Л_6$).

На рис. 23 показаны схемы выпрямителя и коммутации органов управления магнитофона. Все переключения выполняются контактами клавишного переключателя. В положении «выключено» все клавиши находятся в ненажатом состоянии, При нажатии любой из клавиш посредством контактов *25/26* включается электрическая сеть. Контакты клавишей записи и воспроизведения переключают цепи коррекции и магнитных головок. Кроме того, при записи контактами *23/24* включается высокочастотный генератор, а при воспроизведении контактами *19/20* — оконечные каскады. Последние можно включать при остановленной ленте нажатием клавиши «Громкоговоритель» (контакты *21/22*) и слушать подключенный источник звука при остановленной ленте, т. е. использовать только стереофонический усилитель. В блоке питания при записи, воспроизведении и в положении «Громкоговоритель» контактами *35/36, 37/38* и *39/40* отключается резистор нагрузки R_4. Вместо этого резистора можно включить последовательно три варистора. Электродвигатель лентопротяжного механизма не работает только при нажатых клавишах «Стоп», «Громкоговоритель» и «Подогрев». На электромагнит прижимного ролика *М* и электродвигатель напряжение подается одновременно. Лишь при прямой и обратной перемотке электромагнит отключается контактами *47/48* и *49/50*. Клавиша «Подогрев» служит для снижения потребления тока, когда анодный ток отключен и магнитофон находится в готовности к действию. Эта клавиша автоматически освобождается при нажатии любой другой клавиши.

На рис. 24 показан вид сверху собранного магнитофона. Катушки вмещают 1 000 *м* ленты. Видны обводные ролики, крышка для головок, прижимной ролик. Впереди размещен клавишный переключатель, рядом с ним слева находятся регуляторы громкости и стереобаланса. 1 000-метровые катушки посредством переходников насаживаются на обычные держатели, поэтому, сняв переходники, можно надевать обычные катушки всех размеров (рис. 25).

На рис. 26 показана конструкция лентопротяжного механизма. Хорошо видны электродвигатель и приводной ремень к подшипникам подкатушников (на снимке справа внизу и наполовину закрыт

слева внизу). Сбоку и несколько ниже электродвигателя расположен электромагнит прижимного ролика. Над электродвигателем виден клавишный переключатель. Шасси усилителя и блока питания прикреплены вдоль платы лентопротяжного механизма. Такое расположение хотя и занимает много места, но очень удобно, так как доступ к шасси остается открытым даже



Род работы	Номера контактов																												
	1/2	2/3	4/5	5/6	7/8	8/9	10/11	11/12	13/14	14/15	16/17	17/18	19/20	21/22	23/24	25/26	27/28	29/30	31/32	33/34	35/36	37/38	39/40	41/42	42/43	44/45	45/46	47/48	49/50
Стоп																●				●	●	●	●		●	●			
Воспроизведение		●		●	●		●		●		●		●			●	●	●	●	●					●	●		●	●
Запись	●		●			●		●		●		●			●	●	●	●	●	●					●	●		●	●
Перемотка вперед																●	●	●	●	●	●	●	●		●	●			
Перемотка назад																●	●	●	●	●	●	●	●	●			●		
Громкоговоритель		●		●	●		●		●		●			●		●				●									
Подогрев																●													

б)

Рис. 23. Схемы блока питания и управления магнитофоном.
а — электрическая схема; *б* — схема включения контактов переключателя рода работы.

при работе магнитофона. На рис. 26 слева видно шасси усилителя, а справа — шасси блока питания. Трансформатор питания прикреплен к плате лентопротяжного механизма, чтобы устранить наводки.

Клавишный переключатель показан на рис. 27, а на рис. 28 показана подводка проводов к клавишному переключателю. Здесь сходятся много проводов, которые могут иметь паразитные индуктивные связи, поэтому их следует хорошо экранировать.

На рис. 29 показано расположение магнитных головок. Здесь применены две универсальные магнитные головки, предназначенные

для монофонического двухдорожечного магнитофона, но они смещены относительно друг друга по высоте на ширину дорожки. Таким образом, каждой головке отводится своя дорожка. Вызываемое таким расположением головок пространственное смещение инфор-

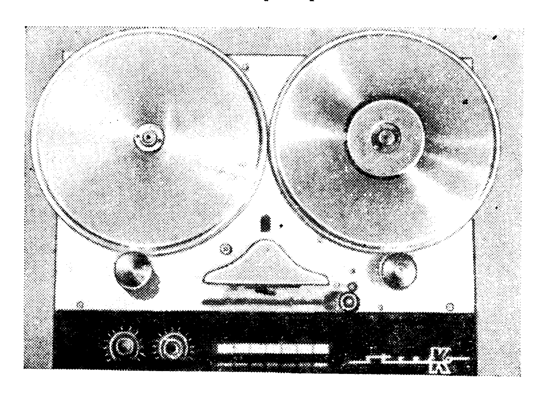


Рис. 24. Внешний вид магнитофона с бобинами на 1 000 *м* ленты.

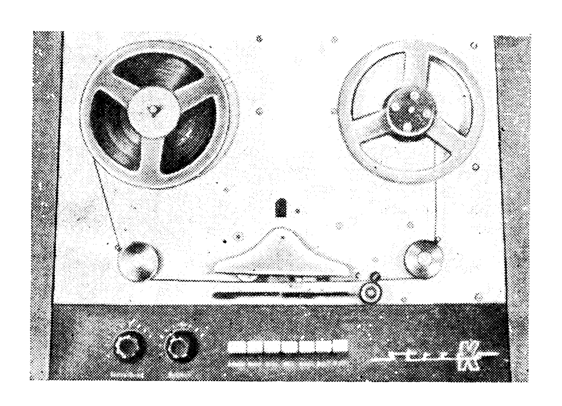


Рис. 25. Внешний вид магнитофона с катушками на 500 *м* ленты.

мации, совпадающей по времени и записанной на обеих дорожках, становится заметным только при монтаже ленты, поэтому места разреза ленты нельзя сделать «неслышными». В остальном такое конструктивное решение следует признать вполне удовлетворительным. Слева видна стирающая головка. Между универсальными головками находится рычаг для прижима ленты, обеспечивающий требуемый угол охвата головок лентой.

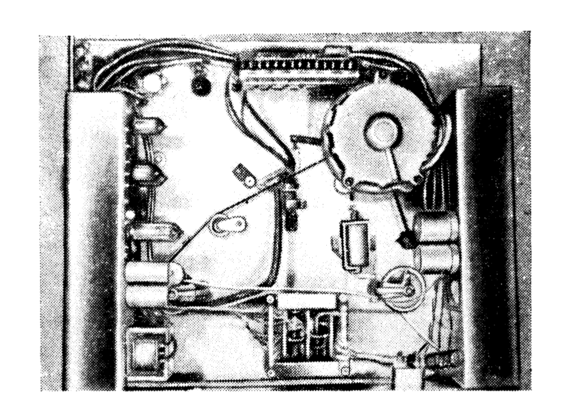


Рис. 26. Вид на магнитофон снизу.
Справа — шасси блока питания, слева — усилитель

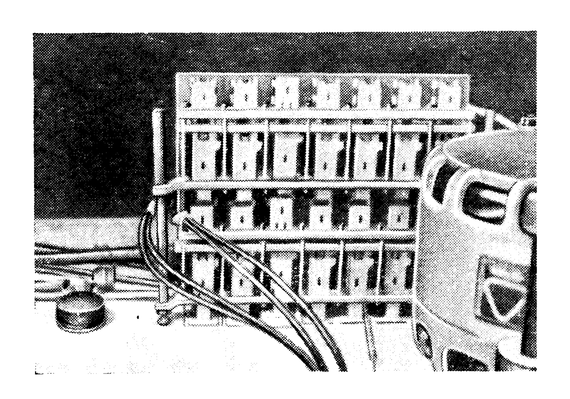


Рис. 27. Внешний вид кнопочного переключателя.

Эти же детали изображены на рис. 30. Здесь отчетливо видно смещение головок на ширину дорожки. Для удобства юстировки положения зазоров обе головки посажены на обычные качающиеся площадки. Таким же способом прикреплена и стирающая головка. Головки юстируют так, чтобы сердечник одной из них, предназначенной для верхней дорожки, лишь чуть-чуть выглядывал из-за верхнего края ленты, а сердечник нижней — из-под нижнего края ленты. Тогда расстояние между обеими дорожками будет вполне достаточным. В этом магнитофоне переходное затухание между каналами составляет примерно 50 *дб*, что едва ли можно получить при использовании стереофонических комбинированных головок. Однако обе монофонические головки можно заменить одной сте-

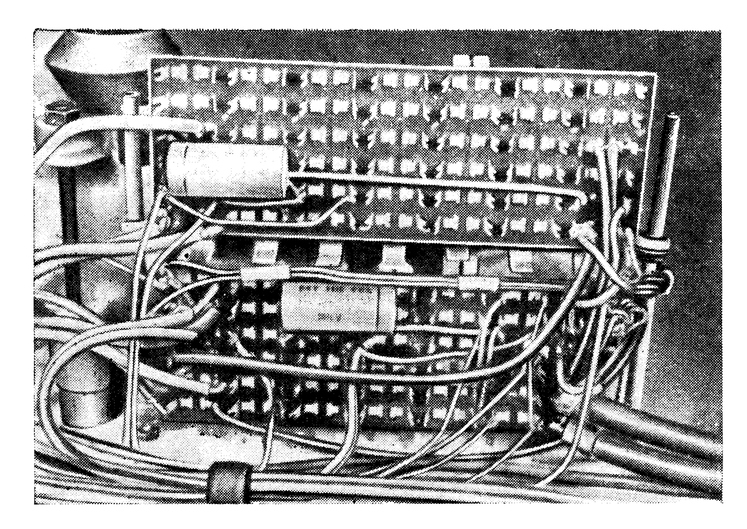


Рис. 28. Монтаж кнопочного переключателя.

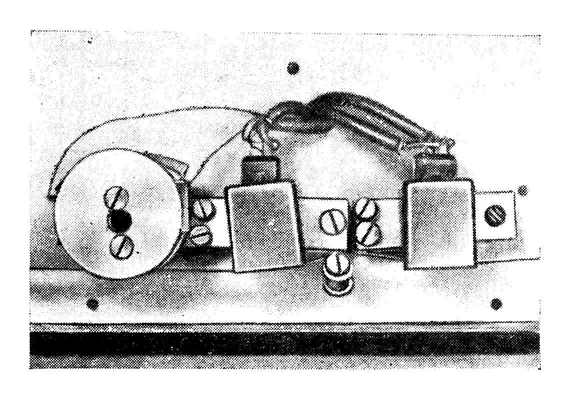


Рис. 29. Расположение магнитных головок (вид сверху).

реофонической универсальной головкой. Для этого придется лишь незначительно переделать площадку для крепления головок.

На рис. 31 показан монтаж шасси усилителя. Вследствие уплотненного монтажа каналы экранированы разделительной перегородкой и имеют абсолютно симметричную конструкцию. Для избежания наводок от цепей накала соответствующие провода от панелек ламп выведены на верхнюю сторону шасси и проложены сверху. На рис. 32 показан вид на шасси усилителя сверху. Здесь хорошо видны провода накала рядом с панельками для ламп (сами лампы вынуты). Слева на шасси укреплены два выходных трансформатора.

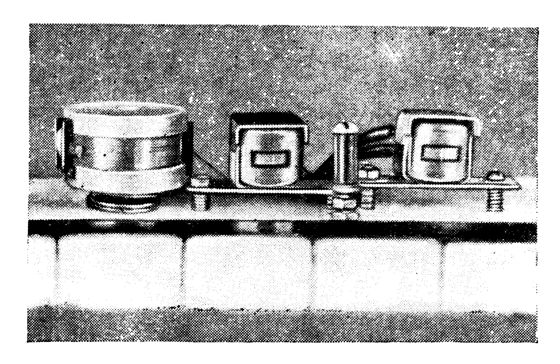


Рис. 30. Расположение магнитных головок по высоте (вид со стороны рабочих зазоров).

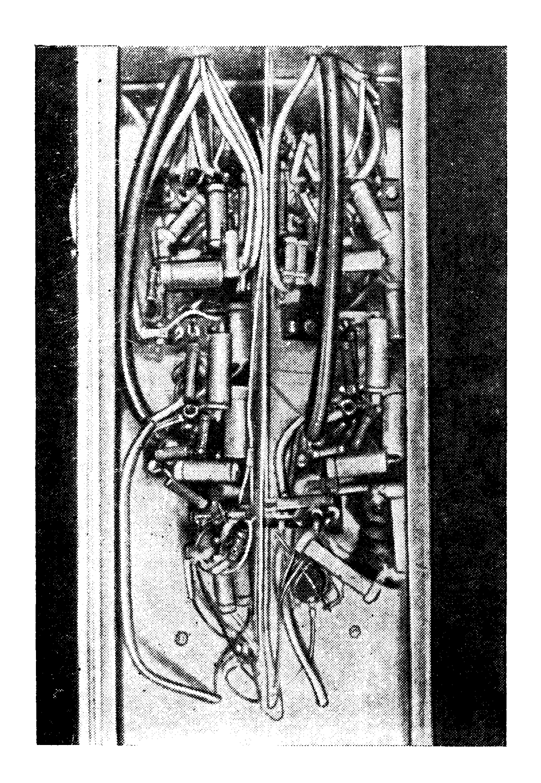


Рис. 31. Монтаж усилителя.

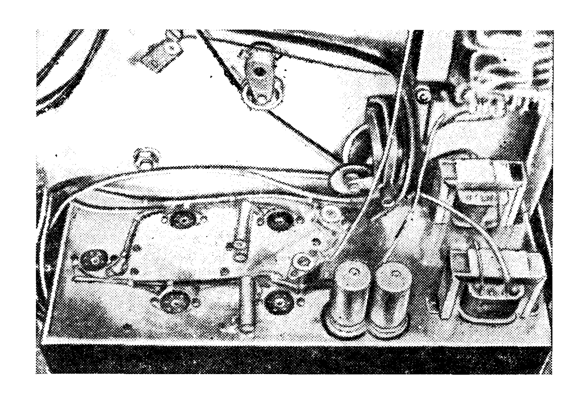


Рис. 32. Вид на шасси усилителя сверху.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ШИРИНЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ЗВУКА В СИСТЕМАХ *АВ* И *ХУ*

Регулирование направления звука возможно только после преобразования стереофонического сигнала в сигнал *MS* или же с помощью специальных регуляторов, которые не продаются в магазинах. Однако аналогичный эффект можно получить посредством сравнительно несложной приставки, схема которой приведена на рис. 33.

Кажущееся изменение направления звука можно осуществить путем взаимного изменения уровней сигналов в обоих каналах. Этот эффект до некоторой степени удается воспроизводить обычным ре-

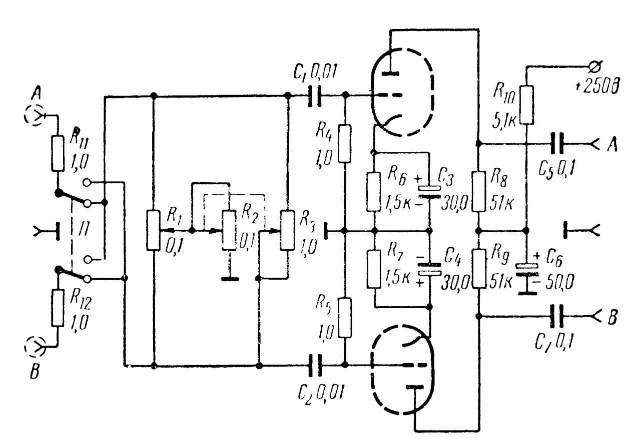


Рис. 33. Схема простого устройства для изменения направления звука.

гулятором стереобаланса, применяемым в стереофоническом усилителе. Этот принцип используется в описываемом устройстве, где направление звука изменяется регулятором R_1. Когда он находится в среднем положении, то звук от источника, расположенного в середине базы, воспринимается на слух также исходящим из середины базы. Вращая регулятор R_1, этот источник можно «перемещать» в обе стороны вплоть до границы базы, при этом в крайнем положении регулятора усиление соответствующего канала ослабляется, и источник звука будет слышен лишь по одному каналу. Переключатель *П* позволяет менять каналы местами, т. е. «зеркально» воспроизводить звуковую картину. Иными словами, источники звука, находящиеся при записи справа, будут при воспроизведении прослушиваться слева и наоборот.

Сдвоенный регулятор R_2R_3 предназначен для изменения кажущейся ширины базы (или акустической ширины). Здесь не требуется особой точности синхронизма обоих потенциометров, поэтому он может быть собран из двух сопряженных между собой канатиком или каким-либо другим способом переменных резисторов. В крайнем нижнем (по схеме) положении движков этот регулятор позволяет получить максимальную акустическую ширину. Потенциометром R_1 можно частично микшировать оба канала (уменьшать переходное затухание), благодаря чему эффект направленности (в зависимости от положения регуляторов R_2 и R_3) более или менее ослабляется. Правда, это не вызывает истинного уменьшения ширины базы, но звуковая картина как бы «растекается» и ее становится трудно локализовать. Однако по своему слуховому восприятию этот эффект весьма похож на эффект естественного сокращения акустической ширины, особенно если кажущееся направление звука одновременно смещать в сторону регулятором R_1.

Регулятор R_3, сопряженный с регулятором R_2, препятствует нежелательному подъему уровня, который вызывается регулятором R_2. Это нарастание не удается подавить полностью, однако колебания уровня при регулировании остаются в допустимых пределах. Как только движок регулятора R_3 дойдет до верхнего (по схеме) положения, база практически суживается до «точки» (оба канала работают в параллель). В этом случае регулятором R_1 можно смещать кажущееся положение источника звука с одной стороны — через середину — к другой стороне (по бокам будет восприниматься почти точечное звуковое изображение, а в середине звуковая картина будет расплывчатой). Каскады усиления (по одному для каждого канала) собраны на двойном триоде и выравнивают затухание, вносимое приставкой, которая подключается ко входу стереофонического магнитофона или сразу после микрофонных усилителей. Приставка потребляет мало энергии, ее можно питать от выпрямителя усилителя.

МИКШЕРНАЯ ПРИСТАВКА ДЛЯ ПСЕВДОСТЕРЕОФОНИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Во второй главе упоминалось об интересных возможностях использования монофонических записей для стереофонии. Схема микшерного устройства, предназначенного для этих целей, показана на рис. 34. Выход микшерной приставки подсоединяется либо непосредственно к стереофоническому магнитофону, либо к одному из

микшируемых входов стереофонического усилителя (это делается при необходимости «подмешать» псевдостереофоническую запись к настоящей стереофонинческой записи). Если же магнитофон или усилитель имеют только один вход, то к псевдостереофоническому микшеру можно подключить обычное стереофоническое микшерное устройство, состоящее в принципе из двух стереофонических сдвоенных потенциометров, соединенных параллельно через сопротивления развязки. Такое устройство позволяет микшировать, например, микрофонную стереофоническую запись с напряжением, сни-

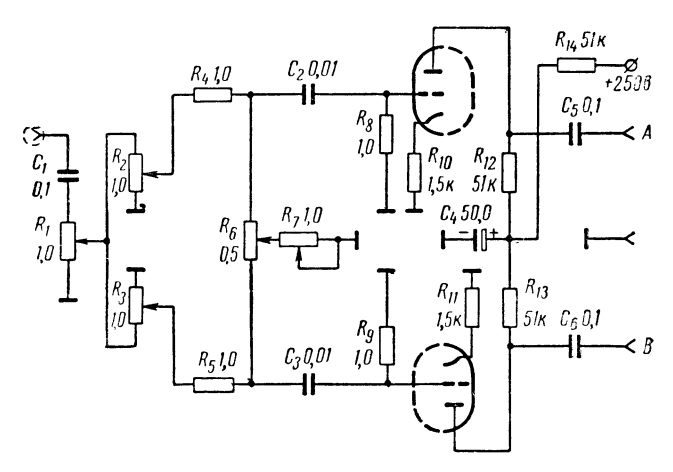


Рис. 34. Схема микшерной приставки для получения псевдостереофонических эффектов.

маемым с выхода псевдостереофонического микшера. Этот прием, известный по одноканальной технике, не нуждается в специальном объяснении.

Эта приставка, как и предыдущая, также не дает дополнительного усиления; двойной триод лишь компенсирует потери, вносимые цепочкой регулирования. Питать ее можно аналогичным способом. Рекомендуемая схема сходна с предыдущей. Напряжение, даваемое монофоническим источником звука, подается сначала на суммарный регулятор уровня R_1, который регулирует громкость и может служить, например, для постепенного подмешивания шума, Регуляторы уровня R_2 и R_3 распределяют напряжение между каналами. В зависимости от разницы в положении движков этих двух регуляторов источник звука при воспроизведении кажется смещенным вправо, влево или (при их одинаковом положении) находящимся в центре.

Регуляторы R_6 и R_7 выполняют те же функции, что и регуляторы R_1, R_2 и R_3 на рис. 33. Регулятором R_6 можно смещать источник звука в сторону, предварительно установив движки регуляторов R_2 и R_3 в одинаковое положение. Если их положения не совпадают, то при вращении движка регулятора R_6 из одного крайнего положения в другое источник звука совершает кажущееся переме-

щение слева направо, удаляясь от слушателя (или наоборот). Регулятор R_7 служит для мнимого изменения акустической ширины и эффекта середины. Умело манипулируя регуляторами, можно широко варьировать место и характер появления монофонического источника звука в стереофонической звуковой картине, а также перемещать его при воспроизведении.

ТРЮКОВОЙ МИКШЕР ДЛЯ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ *MS*

В заключение рассмотрим более сложную схему, которая в отличие от описанных позволяет независимо друг от друга регулировать акустическую ширину и направление звука. В принципе подобной схемой пользуются в студийной технике. Однако в рассматриваемом случае можно обойтись без специально предназначенных для этого деталей (за счет увеличения числа ламп). Устройство собрано на 4 лампах, но не дает дополнительного усиления. Оно включается непосредственно в тракт передачи.

Принцип действия устройства основан на преобразовании сигнала *AB* в сигнал *MS*. Как уже разъяснялось ранее, сигнал *M* представляет собой сумму сигналов $A+B$, а сигнал *S* — их разность $(A—B)$ и именно они и создают эффект направленности. Поэтому в студийной стереофонической технике канал *M* часто называют «звуковым каналом», а канал *S* — «каналом направления».

Сигнал *M* совершенно идентичен монофоническому сигналу, который, например, можно получить, соединив оба канала *A* и *B* параллельно. Напротив, сигнал *S*, взятый отдельно, невозможно использовать, а в случае, когда звук идет точно спереди (середина базы в системе *AB*, рис. 2 и 3), сигнал *S* равен нулю, т. е. практически отсутствует. По его фазе относительно сигнала *M* можно судить о боковых перемещениях источника звука, а по его величине — о значении азимута.

Отсюда вытекает, что на ширину базы и на направление звука можно влиять, изменяя сигнал *S*: увеличение или уменьшение напряжения сигнала *S* сказывается при воспроизведении на мнимом увеличении или уменьшении азимута (графически это можно сравнить с изменением угла между осями микрофонов *XY* на рис. 5,*a*). Если же в канал *S* подать дополнительно часть напряжения канала *M*, то в канале *S* происходит суммирование $M+S$, т. е. в соответствии с изложенным в канале *S* усиливается составляющая *A*. Это приводит к перемещению информации, передаваемой каналом *S*, в направлении канала *A*. Следовательно, происходит мнимое перемещение источника звука (без изменения акустической машины). Для смещения в противоположном направлении сигнал *M* в противофазе подают в канал *S*, в результате чего происходит вычитание $M—S$. В этом случае преобладает составляющая *B*. Следовательно, при таком изменении направления звука выделяется одна из составляющих сигнала канала *S*. Величина изменения направления зависит от величины подводимой составляющей *M*, а направление смещения — от ее фазы. Ширина базы регулируется равномерным изменением компонентов *A* и *B* сигнала *S*, или, проще говоря, путем изменения их уровня.

На рис. 35 приведена блок-схема трюкового микшера. Снимаемые с микрофонов составляющие A и B подаются на координатный преобразователь, в котором путем электрического суммирования и вычитания формируются сигналы M и S. Этого первого преобразования координат можно не производить, если запись ведется через микрофон системы MS (см. рис. 3). Суммарный сигнал $A+B=M$ и разностный сигнал $A-B=S$ подаются на общий регулятор уровня (сдвоенный регулятор), который органически объеди-

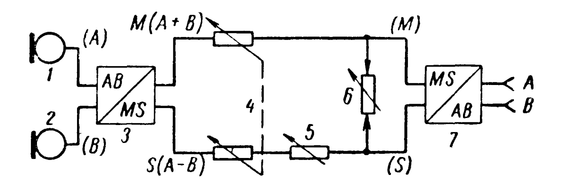


Рис. 35. Блок-схема трюкового стереофонического микшера.

1, 2 — микрофоны; *3* — первый преобразователь; *4* — регулятор уровня; *5* — регулятор акустической ширины «звуковой картины»; *6* — регулятор направления; *7* — второй преобразователь.

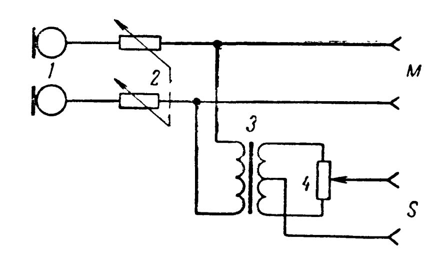


Рис. 36. Блок-схема регулятора направления.

1 — микрофоны; *2* — регулятор уровня; *3* — трансформатор; *4* — регулятор направления.

нен с микшером направления звука. В канале S имеется еще один регулятор, служащий для регулировки ширины базы. Регулятор направления позволяет изменять величину сигнала, снимаемого с канала M и подаваемого в канал S. Этим же регулятором производится перефазировка, что позволяет смещать источник звука в обе стороны.

Принцип действия этого микшера поясняется на рис. 36. Сигнал M подводится к трансформатору, имеющему отвод от средней точки вторичной обмотки. При среднем положении движка регулятора снимаемое напряжение равно нулю, а при обоих его крайних положениях оно достигает максимальной величины, но противоположно по фазе. В этой схеме среднее положение движка регулятора направления соответствует среднему положению воспроизводимого звукового поля. На практике в этой схеме не пользуются

трансформаторами, так как они могут внести дополнительные искажения в передачу.

Измененный таким способом сигнал S вместе с сигналом M поступает во второй координатный преобразователь, где снова путем суммирования и вычитания происходит преобразование в правый и левый сигналы AB, необходимые для воспроизведения.

На рис. 37 изображена схема трюкового микшера, собранного в соответствии с рассмотренными теоретическими соображениями. На верхний (по схеме) вход подают оба боковых сигнала A и B (или X и $У$). Лампы $Л_{1а}$ и $Л_{1б}$ выполняют функцию фазоинвертора. Сигналы снимаются с обоих катодов и через сопротивления развязки подводятся к регулятору R_{10}. Эти сигналы поступают в одной фазе, благодаря чему здесь происходит их суммирование, т. е. получается суммарный сигнал M. Иначе обстоит дело с регулятором R_{11}. На этот регулятор сигнал одного канала также подается с катода, а сигнал другого канала — с анода лампы; следовательно, они находятся в противофазе, т. е. происходит вычитание сигналов и образование разностного сигнала S. При пользовании микрофоном MS эти сигналы можно с ламп $Л_{1а}$ и $Л_{1б}$ подавать непосредственно на регуляторы R_{10} и R_{11} и тогда первый координатный преобразователь не нужен. Такой вход открывает еще одну возможность: он позволяет псевдостереофонически воспроизводить монофонический источник звука, подключенный ко входу MS. Иными словами, этот источник можно перемещать в любую сторону по линии базы, изменяя положение регулятора направления. Это нетрудно уяснить из рис. 35 и 36, если принять во внимание, что подключенный ко входу M монофонический источник звука электрически можно рассматривать как стереофонический источник, у которого отсутствует сигнал S. Поэтому при помощи регулятора направления можно перемещать источник звука, но при воспроизведении он будет восприниматься точечным из-за отсутствия сигнала S, создающего акустическую ширину.

Уровень сигнала регулируется сдвоенным потенциометром $R_{10}R_{11}$. Потенциометр R_{15} в канале S предназначен для регулирования акустической ширины.

Часть сигнала M снимается с регулятора R_{10} и подается на фазоинверторную лампу $Л_{2а}$, выполняющую функцию преобразователя (рис. 36). С катода и анода лампы снимаются равные по величине, но противоположные по фазе напряжения и подводятся к регулятору направления R_{31}. В среднем положении регулятора напряжение на его движке равно нулю. Часть напряжения, снимаемого с этого регулятора, вместе с сигналом S подается на вторую фазоинверторную лампу $Л_{2б}$, которая «выдает» необходимые для вторичного координатного преобразования составляющие сигналы S с противоположной фазой. На резисторах R_{34} и R_{35} происходит суммирование $M+S=A$ или вычитание $M-S=B$. Последующее двухкаскадное усиление на лампах $Л_3$ и $Л_4$ компенсирует довольно значительные потери уровня сигнала.

Ширину базы уменьшают при помощи потенциометра R_{17}, спаренного с регулятором направления R_{31}. От них не требуется особо точной синхронности, поэтому их легко может собрать сам любитель. Нетрудно видеть, что в обоих крайних положениях движка регулятора направления R_{17} канал S замыкается накоротко, а в промежуточном положении этого потенциометра величина сигна-

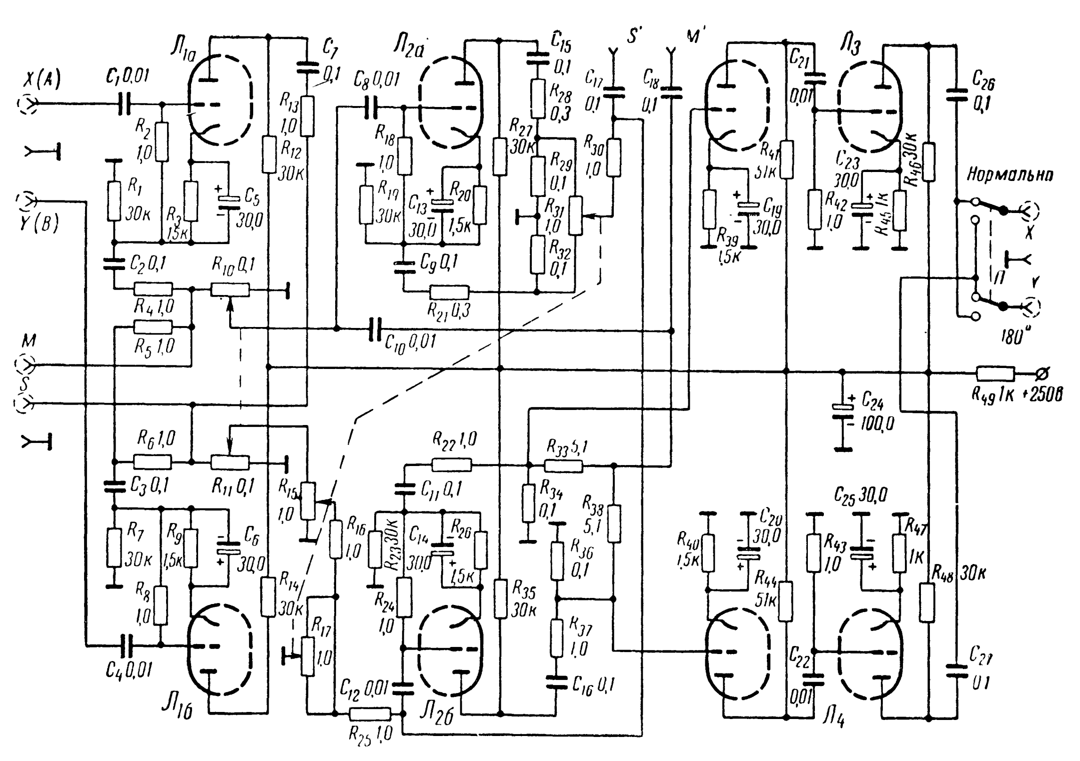


Рис. 37. Схема трюкового стереофонического микшера.

ла S зависит от деления напряжения между резистором R_{16} и сопротивлением потенциометра R_{17}.

На выходе устройства получают сигналы *AB* или *XY*. Для перемены сторон (зеркальное изображение) каналы можно «поменять местами» посредством переключателя *П*. Устройство имеет еще один выход *M'S'*, с которого снимают сигнал *MS*. С выхода *M'* можно снимать полный монофонический сигнал для любых целей (например, для получения монофонической магнитной записи одновременно со стереофонической магнитной записью). На этот сигнал регулятор ширины и направления в канале *S* влияния не оказывает.

Описываемый трюковый микшер дает возможность создавать необычные звуковые эффекты. Например, можно имитировать звук занавеса, открывающегося перед источником звука, для чего надо одновременно вращать регулятор уровня и направления (или ширины). Таким способом можно имитировать открывание занавеса слева направо (или наоборот), а также раздвижение занавеса в обе стороны от середины. Возможно, что любителю затраты на такой микшер покажутся слишком большими, но о нем не следует забывать при оборудовании стереофонических студий, клубов и т. п. Кроме того, приведенная схема показывает новые пути, которые открывает стереофония перед студийной техникой.

НАСТРОЙКА СТЕРЕОФОНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК

В монофонической аппаратуре, как правило, измеряют только частотную характеристику и коэффициент нелинейных искажений, а в более сложных установках—еще и уровень сигналов. При этом частотную характеристику снимают для того, чтобы по полосе пропускания судить об акустических качествах устройства, а фазовой характеристикой вообще не интересуются.

Иначе обстоит дело со стереофонической аппаратурой, где приходится измерять ряд других параметров для точного согласования обоих каналов. Это, в первую очередь, относится к установкам, в которых используется система *AB*, так как рассогласование каналов сильно искажает стереофоническое восприятие. Этот недостаток в меньшей степени сказывается на стереофонической звукопередаче по системе *MS*, где рассогласование одинаково влияет на оба канала, что ведет к искажению акустической ширины или направления звука, но не нарушает целостности стереофонического восприятия.

При звукопередаче по системе *MS* возникающие помехи и шумы воспроизводятся одновременно в обоих каналах. Следовательно, они распределяются равномерно по всему звуковому полю и не столь сильно мешают восприятию, как это бывает при передаче по системе *AB*, когда они прослушиваются лишь в том канале, где в данный момент эти помехи возникают. Учитывая, что в любительской практике наибольшее распространение получила система *AB*, остановимся более подробно на связанных с ней вопросах.

Оба канала любого усилителя, магнитофона и т. п. должны быть абсолютно идентичны по усилению, частотным и фазовым характеристикам. Равенство по усилению нетрудно проверить и в случае необходимости отрегулировать. Для этого оба входа со-

единяют параллельно и регулируют каналы, добиваясь, чтобы напряжения на выходе были одинаковы. Коэффициент нелинейных искажений и отношение сигнал/шум измеряют в каждом канале раздельно. При этом методика не отличается от принятой для одноканальных устройств. Регуляторы тембра устанавливают обычно в среднее положение или же в положение, обеспечивающее линейную частотную характеристику, регуляторы баланса (особенно при измерении усиления в каналах) устанавливают также в среднее положение.

Представляет интерес определение переходного затухания между каналами, под которым понимают степень проникания сигнала из одного канала в другой. В этом отношении особо жестких требований не предъявляется, переходное затухание порядка 30 *дб* считается достаточным для обычных стереофонических усилителей и эта величина вполне достижима при условии тщательной сборки и монтажа. Измеряют переходное затухание следующим путем. На вход одного канала подают напряжение, соответствующее максимальной амплитуде сигнала, вход другого канала остается открытым. Затем на выходе канала с открытым входом измеряют выходное напряжение сигнала, проникшего из первого канала. Полученные величины выражают в децибелах.

Для любительских целей вполне достаточно определить переходное затухание на слух; для этого громкоговоритель первого канала следует отключить. Точно так же любителю необязательно измерять коэффициент нелинейных искажений, а отношение сигнал/шум также можно определить на слух. Однако совершенно необходимо проверить оба канала на равенство усиления, для чего требуется звуковой генератор и электронный вольтметр для измерения выходного напряжения.

Нельзя обойтись также без снятия фазовых характеристик обоих каналов. Фазовые характеристики измеряют осциллографом, при этом измерение частотных характеристик оказывается излишним, так как только по ним трудно судить о качестве стереофонической установки в целом. И, напротив, можно считать, что идентичность фазовых характеристик каналов стереофонического усилителя свидетельствует также о достаточно хорошем согласовании частотных характеристик.

Для проверки фазовых характеристик необходимо иметь звуковой генератор и осциллограф. Измерение производят путем относительного сравнения. Для этого входы обоих каналов снова соединяют параллельно и подают на них напряжение от звукового генератора. Выходные напряжения с каналов подводят к осциллографу раздельно, при этом его временную развертку выключают. Затем выходное напряжение одного из каналов подают на вход усилителя горизонтальной развертки, а другого канала — на вход усилителя вертикальной развертки (оба входа осциллографа должны иметь одинаковую чувствительность). В случае совпадения фаз на экране осциллографа появится изображение наклонной черты. Если оба канала работают синфазно (в противном случае надо поменять концы на одном из выходов), то эта черта проходит слева — вверх — направо. Ее наклон составляет 45°, если входы осциллографа имеют одинаковую чувствительность и усиление в каналах также одинаково. Разность фаз проявляется в виде «растягивания» этой метки в эллипс. По соотношению между большой и малой

осями эллипса определяют угол фазовой погрешности. Практически фазовую характеристику можно считать пригодной, если на метке видны двойные контуры, но она еще не приняла формы эллипса. Такое измерение производится во всей полосе воспроизводимых частот, для чего звуковой генератор медленно перестраивают по всему частотному диапазону. Этот метод удобен тем, что изображение на экране осциллографа всегда неподвижно.

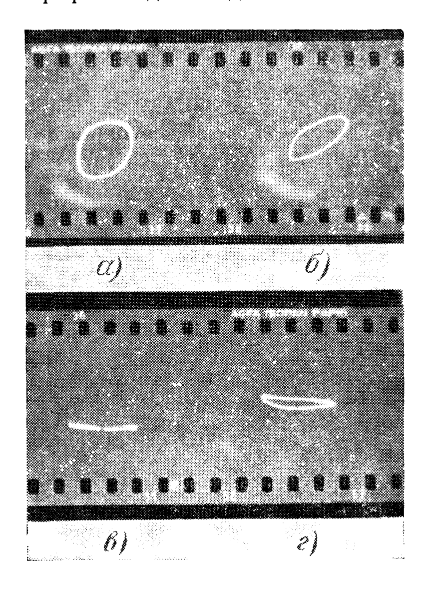


Рис. 38. Примеры изображения фазовых характеристик стереофонических установок на экране осциллографа.

а — разность фаз между каналами около 90°; *б* — то же при 30°; *в* — при отсутствии на выходе напряжения одного из каналов; *г* — допустимая фазовая погрешность.

Рассогласование сдвоенных регуляторов громкости проявляется в уменьшении или увеличении длины черты (или эллипса), однако его угол наклона не должен заметно изменяться. Нарушение синхронности или отклонения в величинах деталей в схемах регулирования тембра при вращении регулятора выражаются, как и фазовые погрешности, в виде растяжения черты в эллипс.

Даже при самой тщательной сборке усилителя это явление не удается полностью устранить на граничных частотах, но надо стараться, чтобы оно было не сильно выражено. Стереофонический усилитель, в котором фазовые погрешности наблюдаются в средней части диапазона или даже на отдельных разных частотах, лишь условно пригоден к эксплуатации, а в некоторых случаях совер-

шенно не годится, хотя на слух качество его передачи по одному каналу кажется отличным.

На рис. 38 показаны изображения фазовых погрешностей, сфотографированные с экрана осциллографа. На рис. 38,*а* эллипс по своей форме приближается к кругу. Это свидетельствует о том, что разность фаз между каналами примерно равна 90°. Такая фазовая погрешность сводит на нет стереофоническое восприятие. Фазовая погрешность порядка 30° дает изображение, показанное на рис. 38,*б*. Эта фазовая погрешность также недопустимо велика. Горизонтальное расположение метки на рис. 38,*в* говорит об отсутствии напряжения на выходе одного из каналов. В таких случаях некоторое подобие эллипса (на рис. 38,*в* едва заметно) не должно вводить в заблуждение, так как при отсутствии входного напряжения эта «эллипсовидность» метки вызывается напряжением, проникающим из другого канала. Фазовая погрешность, изображенная на рис. 38,*г* в виде тонкого вытянутого эллипса, считается допустимой для стереофонических установок среднего качества.

Если любителю удастся получить такую форму эллипса на границах частотного диапазона, а также при любых положениях регуляторов тембра, то результат можно считать вполне удовлетворительным, а качество передачи вполне достаточным для любительской практики. Однако изображение на рис 38,*г* свидетельствует еще о двух других погрешностях: во-первых, усиление в каналах неодинаково, так как наклон эллипса много меньше 45° (не забудьте проверить регуляторы на входе осциллографа), во-вторых, эллипс повернут на 90° относительно требуемого положения и идет справа—вверх—налево. Следовательно, для синфазной работы громкоговорителей обоих каналов надо поменять местами выводы одного из выходов.

Из огромного количества материала, относящегося к теме «Стереофония», были отобраны и обобщены факты и явления, представляющие интерес для любителя, но весьма скудно описанные в других литературных источниках. Правда, ради этого пришлось выпустить описание ряда других вопросов, достаточно полно освещенных в специальной литературе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якубашк Х., Практика магнитной звукозаписи, «Энергия», МРБ, вып. 435.

2. Галкин Д. И. и др., Стереофоническое радиовещание и звукозапись, «Энергия», МРБ, вып. 436.

3. Бессон Р., Все о стереофонии, «Энергия», МРБ, вып. 478.

4. Бектабегов А. К. и Усачев В. В., Стереофонические звукосниматели, «Энергия», МРБ, вып. 552.

Цена 18 коп.